FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
1910-1911 N° 12

CONTRIBUTION
A
l'Étude des Échanges liquides intra-oculaires
à l'état normal

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le Jeudi 27 Avril 1911

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Nancy
Mention : MÉDECINE

PAR

Mlle BARTOCH (Bojana)

Née le 10/23 Juin 1886, à Nich (Serbie)

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. ROHMER, professeur..... *Président.*
MEYER, professeur.....
LAMBERT, agrégé..... *Juges.*
LUCIEN, agrégé.....

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

IMPRIMERIES RÉUNIES DE NANCY
95 à 101, RUE DE METZ, 95 à 101

1911

FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
1910-1911 N° 12

CONTRIBUTION
A
l'Étude des Échanges liquides intra-oculaires
à l'état normal

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le Jeudi 27 Avril 1911

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Nancy
Mention : MÉDECINE

PAR

Mlle BARTOCH (Bojana)

Née le 10/23 Juin 1886, à Nich (Serbie)

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. ROHMER, professeur..... *Président.*
MEYER, professeur.....
LAMBERT, agrégé..... *Juges.*
LUCIEN, agrégé.....

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

IMPRIMERIES RÉUNIES DE NANCY
95 à 101, RUE DE METZ, 95 à 101

1911

FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

Doyen : M. GROSS, O. ✻, I. ✪.
Assesseur : M. WEISS, ✻, I. ✪.
Professeurs honoraires : MM. BEAUNIS, ✻, I. ✪ ; NICOLAS, I. ✪ ; PRENANT, ✻, I. ✪. BERNHEIM, O. ✻, I.

Professeurs :

Clinique chirurgicale	M. GROSS, O. ✻, I. ✪.
Physique médicale	M. CHARPENTIER, ✻, I. ✪.
Médecine opératoire	M. CHRÉTIEN, I. ✪.
Clinique chirurgicale	M. WEISS, ✻, I. ✪.
Chimie médicale et Toxicologie	M. GARNIER, I. ✪.
Clinique médicale	M. P. SPILLMANN, I. ✪.
Clinique obstétricale et Accouchements	M. A. HERRGOTT, ✻, I. ✪.
Hygiène	M. MACÉ, I. ✪.
Clinique médicale	M. SCHMITT, I. ✪.
Physiologie	M. MEYER, I. ✪.
Pathologie générale et Pathologie interne	M. SIMON, I. ✪.
Histoire naturelle médicale	M. VUILLEMIN, I. ✪.
Clinique ophtalmologique	M. ROHMER, I. ✪.
Médecine légale	M. PARISOT, I. ✪.
Clinique des maladies des enfants	M. HAUSHALTER, I. ✪.
Histologie	M. BOUIN, I. ✪.
Anatomie descriptive	M. ANCEL, A. ✪.
Anatomie pathologique	M. HOCHE, I. ✪.

Professeurs-Adjoints :

Clinique d'électrothérapie (1)	M. GUILLOZ, I. ✪.
Pathologie externe	M. VAUTRIN, I. ✪.

Chargés de Cours complémentaires :

Clinique des maladies des vieillards	M. ETIENNE, I. ✪, agrégé libre.
Clinique des maladies syphilitiques et cutanées	M. L. SPILLMANN, A. ✪, agrégé.
Accouchements	M. SCHUHL, I. ✪, agrégé libre.
Clinique d'orthopédie (1)	M. FRŒLICH, I. ✪, agrégé libre.
Clinique d'oto-rhino laryngologie (1)	M. JACQUES, I. ✪, agrégé libre.
Clinique des voies urinaires (1)	M. ANDRÉ, I. ✪, agrégé libre.
Clinique des maladies mentales	M. PARIS, I. ✪.
Cours de Médecine opératoire	M. MICHEL, A. ✪, agrégé libre.
Thérapeutique et Matière médicale	M. ZILGIEN, A. ✪, ag. l., ch. du cours.

Agrégés en exercice.

MM. LAMBERT, I. ✪.	MM. COLLIN, A. ✪.	MM. BUSQUET.
RICHON, A. ✪.	DUFOUR, A. ✪.	LUCIEN, A. ✪.
G. GROSS, A. ✪.	SENCERT, A. ✪.	BINET.
FRUHINSHOLZ, A. ✪.	ROBERT, A. ✪.	PERRIN.

Agrégés libres.

MM. REMY, A. ✪ ; FÉVRIER, O. ✻, I. ✪ ; ETIENNE, I. ✪ ; ZILGIEN, A. ✪ ; FRŒLICH, I. ✪ ; SCHUHL, I. ✪ ; JACQUES, I. ✪ ; ANDRÉ, I. ✪ ; MICHEL, A. ✪. L. SPILLMANN, A. ✪.

M. F. LAMBERT DES CILLEULS, ✻, Ⓜ, I. ✪, Secrétaire.

(1) Fondation de l'Université.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les improuver.

A MA MÈRE

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur ROHMER

A Monsieur le Professeur Agrégé LAMBERT

Arrivée à la fin de nos études, nous ne pouvons pas quitter la Faculté sans témoigner une vive gratitude et un profond respect à tous nos Maîtres, à qui nous devons toutes nos connaissances et notre instruction médicale.

Qu'il nous soit permis de présenter ici l'hommage de notre grande reconnaissance à M. le Professeur ROHMER, qui a bien voulu nous donner le sujet de notre thèse et qui nous fait le grand honneur d'en accepter la présidence. Nous trouvons aujourd'hui que les trois semestres passés à sa clinique se sont écoulés bien rapidement et nous nous souviendrons toujours avec la plus grande admiration de ses excellentes leçons.

M. le Professeur MEYER a bien voulu nous ouvrir son laboratoire et s'intéresser à nos travaux. Nous lui présentons nos remerciements les plus respectueux pour les encouragements qu'il nous a prodigués et pour la peine qu'il a prise de relire notre travail.

Nous ne saurions assez dire notre profonde gratitude envers M. le Professeur Agrégé LAMBERT, qui s'est intéressé à nous pendant tout le cours de nos études et ne nous a pas ménagé ses précieux conseils, sans lesquels nous n'aurions jamais pu venir à bout de notre thèse. Ses enseignements, sa cordialité à notre égard, le bon accueil que nous avons reçu chez lui ne s'effaceront jamais de notre mémoire.

Nous sommes très reconnaissante à M. le Professeur Agrégé LUCIEN d'avoir accepté d'être de notre jury.

Nous exprimons également l'assurance de nos meilleurs souvenirs à tous les amis et camarades que nous avons rencontrés au cours des années de nos études.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547223_0023

INTRODUCTION

L'idée première de ce travail nous a été donnée par M. le Professeur ROHMER, qui nous avait conseillé de la traiter d'une manière plus étendue en insistant sur les applications cliniques des renseignements de la physiologie.

Sans préjuger du mécanisme intime par lequel s'accomplissent la formation et la rénovation éventuelles des liquides oculaires, on peut les considérer comme provenant du milieu sanguin.

Qu'il existe ou non une circulation de l'humeur aqueuse, que cette humeur se produise, soit par filtration au niveau des parois vasculaires, soit par sécrétion au niveau de l'épithélium des procès ciliaires, c'est, en définitive, du milieu intérieur sanguin que proviennent les liquides intra-oculaires ; c'est vers ce milieu qu'ils retournent.

On est donc conduit à penser que les modifications pathologiques du sang peuvent entraîner des modifications dans le milieu oculaire. On comprend ainsi quelle pourrait être la pathogénie de nombreuses affections oculaires, résultat d'infections endogènes ou d'états généraux (diabète, syphilis, tuberculose).

On sait, en effet, combien l'intégrité du cristallin, de la cornée, du corps vitré dépendent étroitement du maintien de la composition normale des milieux de l'œil, bien que, selon toute vraisemblance, l'intensité des échanges nutritifs de ces

divers organes, dont la fonction est essentiellement physique, soit fort peu considérable.

Nous avions, tout d'abord, songé à chercher le passage et l'arrêt dans l'œil des animaux non seulement des matières étrangères injectées dans la circulation générale, mais aussi des nombreuses substances que l'infection peut faire apparaître dans le sang.

Un tel travail serait évidemment propre à faire comprendre les relations étroites qu'ont avec les affections générales la plupart des affections oculaires et principalement le glaucome, la cataracte diabétique et la cataracte sénile.

La connaissance des conditions réglant dans l'œil le passage, la rétention, l'élimination des substances nocives ou toxiques permettrait de plus, et la chose a déjà été tentée, de baser sur des données précises des méthodes thérapeutiques médicales et chirurgicales nouvelles.

Mais, dès nos premières recherches, nous avons été frappée de voir l'énorme complexité des phénomènes qui président à la formation des milieux oculaires et qu'un nombre très considérable de patientes recherches ne sont pas encore parvenues à élucider complètement. Quelque étrange que cela puisse paraître, les bases anatomiques et histologiques de notre problème ne sont peut-être encore pas définitivement établies ; et, en ce qui concerne la physiologie, l'accord est plus apparent que réel.

Presque tous les auteurs admettent l'existence d'une circulation continue de liquide à l'intérieur de l'œil, circulation réglée dans un sens défini, le liquide arrivant par la chambre postérieure et partant au niveau de l'angle irido-cornéen : le contenu de la chambre antérieure serait ainsi incessamment renouvelé.

Au sujet de la nature des phénomènes de formation des liquides intra-oculaires, plusieurs théories sont en présence.

L'une, avec la plupart des auteurs (Haller, Zinn, de Grifitch, Leber, Wessely, Angelucci, Lœper, Cantonnet, Prado, etc.), *admet que les liquides intra-oculaires représentent une sorte de lymphe provenant du sang par filtration directe à travers les parois vasculaires.*

L'autre, avec Boucheron, Nicati, Collins, Rochon-Duvigneaud, Scalinci, *etc., considère ces liquides comme un produit de sécrétion de la rétine ciliaire.* Cette conception a trouvé récemment un appui dans les recherches histologiques de Mawas (1910), qui tendent à établir le caractère glandulaire des cellules claires de la couche interne de la rétine ciliaire.

Comme on le verra plus loin, les discussions ne portent pas seulement sur le mécanisme de la formation du milieu liquide, mais encore sur sa localisation, sur son élimination.

Enfin certains auteurs, Weiss (O.) en particulier, ont même prétendu que la doctrine classique de la circulation des liquides intra-oculaires était dénuée de tout fondement. Les échanges liquides se réduiraient aux variations éventuelles de la pression vasculaire, et, dans le cas où cette pression se maintiendrait sensiblement constante, il n'y aurait pas à proprement parler de renouvellement de l'humeur aqueuse.

Les expériences personnelles que nous rapporterons plus loin montrent le caractère trop exclusif de cette théorie purement mécanique dont la vérification aurait sensiblement affaibli la valeur des considérations directrices exposées ci-dessus.

Du reste, le problème qui se pose au niveau des vaisseaux oculaires n'est pas isolé et se retrouve dans d'autres questions de physiologie. Les progrès réalisés dans la connaissance des

phénomènes de l'osmose ne permettent plus d'envisager la filtration et la sécrétion aussi simplement qu'on le faisait jadis. Combien d'inconnues, d'ailleurs, restent encore à résoudre pour les sécrétions les mieux étudiées, comme celle de l'urine par exemple !

Pour toutes ces causes, nous avons dû restreindre le programme de nos recherches, négliger les applications à la clinique, et limiter notre étude aux conditions physiologiques des échanges entre les liquides intra-oculaires.

Nous diviserons notre travail en trois parties :

Le premier chapitre sera consacré à une description anatomique de la vascularisation de la région ciliaire de l'œil.

Dans *un deuxième chapitre* nous étudierons *les échanges liquides intra-oculaires à l'état physiologique.*

L'exposé de *nos recherches personnelles* formera le *troisième chapitre.*

CHAPITRE PREMIER

Description anatomique de la vascularisation de la région ciliaire de l'œil

La vascularisation de l'œil comprend les vaisseaux de la conjonctive, le système vasculaire de la rétine, *et le système vasculaire ciliaire.*

Dans ce dernier sont compris d'une part les vaisseaux de la sclérotique et des bords de la cornée, d'autre part *les vaisseaux de la choroïde, de la zone ciliaire et de l'iris,* les seuls qui nous intéressent au point de vue des échanges liquides de l'œil. Ils forment la membrane vasculaire que nous allons étudier dans ce chapitre.

Rappelons tout d'abord très brièvement les notions anatomiques indispensables pour comprendre la vascularisation de cette région :

La *choroïde,* membrane très vasculaire, fait partie de la calotte sphérique qui recouvre en arrière le globe oculaire, en laissant au niveau de son pôle un orifice circulaire pour le passage du nerf optique et quelques pertuis de dimensions moindres pour le passage des vaisseaux. Elle s'épaissit progressivement en s'approchant de la partie antérieure de l'œil et se continue en avant par la zone ciliaire. Sa face externe est en rapport avec la sclérotique à laquelle elle est unie par les

vaisseaux et nerfs ciliaires ; sa face interne est en rapport avec la rétine. Elle se termine en avant, au niveau de l'ora serrata, par une ligne circulaire et régulièrement festonnée. C'est là que commence la zone ciliaire.

On divise histologiquement la choroïde en trois couches : la couche externe lamelleuse, la couche moyenne vasculaire où les vaisseaux baignent dans le stroma choroïdien, et enfin la couche interne vitrée qui constitue la membrane de Bruch.

La zone ciliaire comprend deux régions : les *procès ciliaires* en arrière qui continuent la choroïde, et le *muscle ciliaire* en avant, qui aboutit à l'iris. Ce muscle nous présente des fibres radiées externes et des fibres circulaires internes.

Quant aux procès ciliaires, ils forment autour du cristallin une couronne composée d'une soixantaine de plis rayonnés. Ils sont en rapport avec l'épithélium de la rétine modifiée. Au point de vue de leur structure, ils sont essentiellement constitués par des paquets de vaisseaux anastomosés et ramifiés jusqu'à production des capillaires. Dans ce réseau, les veines prédominent de beaucoup sur les artères et se caractérisent par leur disposition flexueuse.

L'iris est un véritable diaphragme, tendu verticalement en arrière de la cornée au-devant du cristallin et percé d'un orifice, la pupille. Par sa grande circonférence, il répond au bord postérieur de la cornée, au point où celle-ci se réunit à la sclérotique et au muscle ciliaire. Il divise l'humeur aqueuse en deux chambres : antérieure et postérieure. Histologiquement, on considère dans l'iris cinq couches qui sont, en allant d'avant en arrière : une couche épithéliale, la membrane basale antérieure, la couche intermédiaire ou tissu irien proprement dit, la membrane basale postérieure et enfin une

couche pigmentée, qui est la continuation de la rétine. La couche intermédiaire musculaire présente une vascularisation intense, analogue à celle de la choroïde.

Etudions donc maintenant les vaisseaux qui occupent les différentes régions que nous venons d'envisager.

ARTÈRES

Les artères proviennent des ciliaires courtes postérieures, des ciliaires longues postérieures et des ciliaires antérieures.

Les artères ciliaires courtes postérieures sont des branches toujours fort nombreuses de l'artère ophtalmique. Après avoir traversé la sclérotique sur le pourtour du nerf optique (cercle de Haller), elles viennent se ramifier dans la choroïde depuis sa partie postérieure jusqu'à l'ora serrata et forment dans cette membrane un plan intermédiaire entre la couche capillaire en dedans et la couche veineuse en dehors.

Les ciliaires longues postérieures, au nombre de deux seulement, l'une interne ou nasale, l'autre externe ou temporale, sont également des branches de l'artère ophtalmique. Elles traversent la sclérotique un peu en avant de l'orifice qui livre passage au nerf optique et cheminent vers la partie antérieure de l'œil, sur la face externe de la choroïde à laquelle elles n'abandonnent aucun rameau. Arrivées au-devant du muscle ciliaire qu'elles irriguent d'une façon directe, chacune d'elles se divise en deux branches, une ascendante, l'autre descendante, et celles-ci, en s'anastomosant, forment le grand cercle artériel de l'iris, qui côtoie la grande circonférence de l'organe. Ce grand cercle envoie à son tour à l'iris, aux procès ciliaires

et à la choroïde, de nombreux rameaux qui traversent le muscle ciliaire avant d'atteindre leurs buts. Les plus importantes se distribuent à plusieurs procès ciliaires, les plus grêles n'en irriguent qu'un seul. Les procès ciliaires sont, d'ailleurs, en grande partie constitués par un fin réseau capillaire résultant des anastomoses et des subdivisions successives des branches artérielles qui les pénètrent.

Les artérioles destinées à l'iris ont une disposition spéciale ; elles offrent une direction radiée et s'anastomosent au niveau du bord de l'orifice pupillaire pour former le petit cercle artériel de l'iris. Elles sont, de plus, caractérisées par des parois très épaisses en disproportion avec leurs calibres.

Les artères ciliaires antérieures proviennent de l'ophtalmique par l'intermédiaire de l'artère musculaire. Elles traversent la sclérotique au voisinage de l'insertion des muscles droits, et, après avoir pénétré dans le muscle ciliaire, elles se jettent dans le grand cercle artériel de l'iris dont elles partagent la distribution.

VEINES

Nous devons étudier *les veines iriennes, les veines de la zone ciliaire, les veines choroïdiennes ou vasa vorticosa* et *le plexus veineux de Leber* ou *canal de Schlemm.*

Les veines iriennes, nées des capillaires au niveau du bord de la pupille, se dirigent parallèlement aux artères vers la grande circonférence de l'iris ; elles traversent ensuite le corps ciliaire, reçoivent à ce niveau les veines des procès ciliaires et se jettent dans les vasa vorticosa au niveau de l'ora serrata.

Aucune d'elles, d'après Leber, ne communique ni avec le canal de Schlemm, ni avec les veines musculaires. Pour

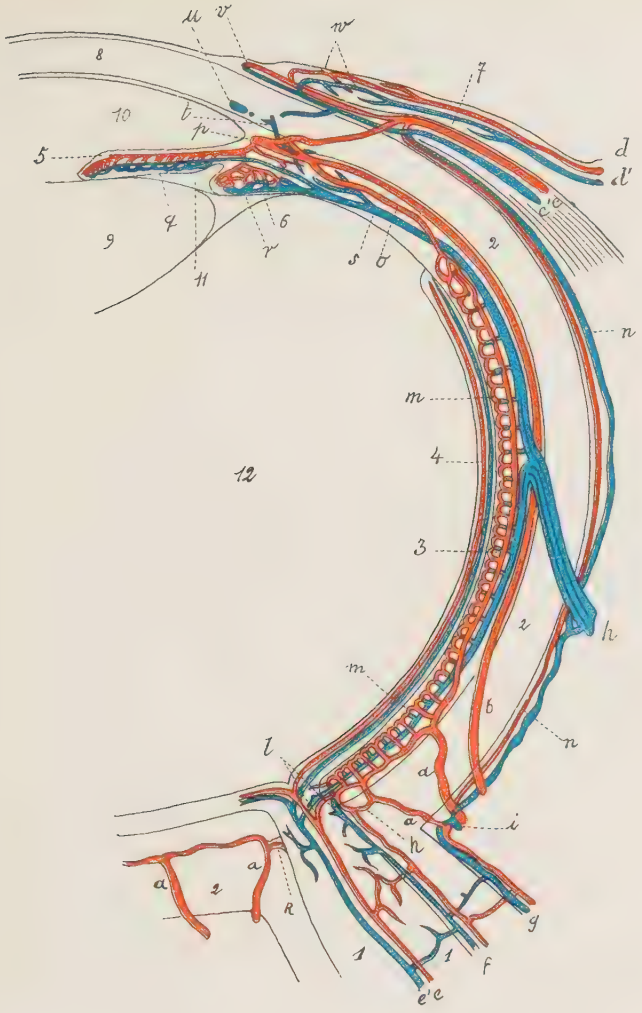


Schéma de la circulation intra-oculaire

(d'après LEBER)

a artères ciliaires courtes post.
b — — longues —
c c' — et veines ciliaires ant.
d d' — — conjonctivales post.
e e' — — centrales rétiniennes
f. vaisseaux sous-duraux du nerf optique
g. vaisseaux duraux du nerf optique.
h. vasa vorticosa
i. veines ciliaires courtes post.
k. branche des artères ciliaires courtes post. pour le nerf optique
l. anastomose des vaisseaux choroïdiens avec les vaisseaux rétiniens.
m. capillaires de la choroïde.
n. artère et veine épisclérales.
o. grand cercle artériel de l'iris.
p. artère choroïdienne récurrente.
q. vaisseaux de l'iris.
r. — des procès ciliaires.
s. branche des vasa vorticosa du muscle ciliaire.
t. branche musculaire ciliaire de la veine ciliaire antérieure.
u. canal de Schlemm.
v. vaisseaux des bords de la cornée.
w. — ant. de la conjonctive bulbaire.

1. nerf optique et sa gaine.
2. sclérotique.
3. choroïde.
4. rétine.
5. iris.
6. procès ciliaires.
7. conjonctive.
8. cornée.
9. cristallin.
10. chambre antérieure.
11. chambre postérieure.
12. corps vitré.

Arnold et Retzius, au contraire, elles s'unissent au réseau veineux du canal de Schlemm.

Les veines de la zone ciliaire se déversent, d'une part, dans les vasa vorticosa avec les veines iriennes, et, d'autre part, dans le canal de Schlemm par l'intermédiaire d'un réseau veineux qui l'entoure.

Les veines choroïdiennes, appelées encore *les veines ciliaires postérieures*, *vasa vorticosa*, reçoivent ainsi la plus grande partie du sang veineux des différentes régions de la membrane vasculaire de l'œil. Elles aboutissent à quatre canaux volumineux, deux supérieurs et deux inférieurs, qui traversent la partie postérieure de la sclérotique et se jettent dans la veine ophtalmique.

Il nous reste maintenant à étudier *le canal de Schlemm* ou *plexus veineux de Leber*, constitué par l'ensemble des conduits veineux largement anastomosés en réseau au niveau du bord antérieur de la sclérotique, en avant de l'insertion du muscle ciliaire, exactement au niveau de l'angle irido-cornéen.

Ce plexus veineux, d'après les recherches de Leber et des autres expérimentateurs, est chargé de ramener dans la circulation générale les liquides oculaires.

Alimenté, comme nous l'avons vu plus haut, par les veines de la zone ciliaire, ce plexus veineux est composé d'un nombre de vaisseaux variable suivant les individus. Le plus souvent, on trouve une veinule volumineuse avec plusieurs veines satellites de calibre moindre. Les coupes sériées montrent, d'ailleurs, qu'elles se réunissent toutes à un certain niveau pour aboutir enfin aux veines musculaires et de là aux veines ophtalmiques.

Le plexus se laisse injecter avec une égale facilité par les veines et par les artères, et cela d'autant mieux que l'œil est

vidé de son humeur aqueuse. On peut, d'ailleurs, pousser l'injection par l'intermédiaire de la chambre antérieure de l'œil.

La véritable signification morphologique du plexus a été longtemps discutée et, à l'heure actuelle, l'accord n'est pas encore complètement établi, quoique la plupart des auteurs lui attribuent, avec Leber, *une nature veineuse.*

Etant donné sa paroi endothéliale, Schwalbe en fait un vaisseau, mais il le considère comme *un système lymphatique* et il a cherché à démontrer, par des injections à travers la chambre antérieure de l'œil, qu'il communique directement avec cette chambre d'une part et avec les vaisseaux ciliaires d'autre part.

Waldeyer, Rochon-Duvignaud n'ont jamais pu voir dans ce canal des globules sanguins et refusent en conséquence de le considérer comme un système vasculaire.

S'appuyant sur des injections de substances colorantes, faites soit par les vaisseaux sanguins, soit par la chambre antérieure de l'œil, Leber conclut, au contraire, qu'il y a là un véritable plexus vasculaire. Il démontre, de plus, que ce plexus est bien de nature veineuse : en effet, les substances colorantes injectées dans la chambre antérieure de l'œil pénètrent dans le système d'une façon indirecte par filtration à travers les pores de la paroi.

L'étude anatomique de la circulation oculaire, en démontrant la richesse capillaire de certaines régions, a conduit les partisans de la théorie de la filtration de l'œil à la conclusion suivante : *Les liquides intra-oculaires sont des produits analogues aux autres milieux lymphatiques de l'économie. Ces liquides ont, sans doute, une composition un peu différente de celle*

de la lymphe, mais ils s'en distinguent, essentiellement, par leur mode de communication avec la circulation générale et l'absence des voies lymphatiques spéciales.

La filtration existant donc, pour eux, la chambre antérieure n'est qu'un espace rempli d'une lymphe, formée et renouvelée par ce mécanisme particulier. Cette chambre est limitée de tous côtés par un endothélium, sauf au niveau de la grande et de la petite circonférence iriennes et au niveau du plexus de Leber. Là, cet endothélium faisant défaut, l'humeur aqueuse n'est plus séparée du milieu sanguin que par les parois vasculaires et, par suite, c'est en ces endroits que le processus de filtration se réalise pour la plus grande partie.

Nous verrons plus loin quelle est, à ce point de vue, l'importance réelle de l'iris et du corps ciliaire.

CHAPITRE SECOND

Les échanges liquides dans l'œil à l'état physiologique

Au point de vue historique, les recherches sur la question ont passé par deux phases successives.

Dans une première période, on s'est préoccupé surtout de définir anatomiquement la région ciliaire sans faire intervenir les notions physiologiques qui font aujourd'hui l'objet principal des recherches. Valentin, en 1835, ouvrit la voie dans laquelle s'engagèrent ensuite Kölliker (1854), Schultze (1873), Schwalbe (1874), Boucheron (1883), qui firent sur ce sujet les travaux les plus complets et les plus détaillés. Ils s'attachèrent surtout à démontrer la continuité entre la rétine proprement dite et la rétine ciliaire et à déterminer les différentes transformations structurales qui permettent de passer des nombreuses couches rétiniennes aux deux couches principales de la zone ciliaire.

Dans les trente dernières années, qui constituent la seconde période, les recherches cliniques relatives à la pathogénie du glaucome et des cataractes conduisirent les auteurs à étudier plus complètement la formation des liquides intra-oculaires. Seulement alors on comprit l'intérêt qu'offrait la connaissance exacte des fonctions de la zone ciliaire; et avec Leber commença la série des travaux physiologiques qui solli-

citèrent la curiosité des expérimentateurs. Des théories très variées et, il faut le dire, souvent contradictoires, furent successivement établies et subirent une faveur diverse : elles serviront de guide à notre travail.

Pour étudier les échanges des liquides intra-oculaires, il est indispensable de savoir d'abord ce que sont ces liquides qui remplissent l'œil, et nous sommes ainsi conduits à faire une étude préliminaire de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques.

I. — Propriétés chimiques et physiques des liquides intra-oculaires

A. *Composition normale.* — Les liquides intra-oculaires comprennent d'une part l'humeur aqueuse qui remplit les chambres antérieure et postérieure de l'œil, d'autre part l'humeur vitrée, qui entre dans la constitution du corps vitré.

Destinées toutes deux à entretenir dans l'œil par leur quantité une tension constante, elles représentent, de plus, un milieu transparent doué d'un certain pouvoir réfringent avec un indice de réfraction de 1,3366. On pourrait donc supposer que ces liquides doivent présenter une stabilité parfaite dans leur composition.

Sans doute, les recherches ont démontré qu'ils subissent à chaque instant des modifications qu'on doit attribuer au rôle nutritif exercé par eux sur le cristallin, la cornée et le corps vitré. Mais ces organes ayant des besoins minimes, et les changements de composition étant assez peu considérables,

on peut admettre comme exacts les résultats fournis par la moyenne de plusieurs chiffres obtenus.

D'après Wagner et Michel, l'humeur aqueuse (300 mm³ suivant Bellarminoff) comprend :

Eau	98,71
Matières extractives solubles	0,89
Matières albuminoïdes	0,107
Substances inorganiques	1,15
NaCl (Kahn, Lohmeyer)	0,69 à 0,78

On n'y trouve ni fibrine ni éléments figurés à l'état normal.

Les connaissances relatives à la véritable nature des substances protéiques renfermées dans ce liquide sont encore insuffisantes.

Il est à remarquer que l'albumine entre pour une très petite partie dans cette composition, et ceci établit une analogie étroite entre les liquides intra-oculaires et le liquide céphalo-rachidien.

Les chiffres cités diffèrent peu des résultats fournis par les analyses des autres auteurs.

Millon, Wœhler, Pautz, ont signalé une petite quantité *d'urée*.

Leber cite *une enzyme saccharifiante*.

Wirchow, Mœrner (1895), Cavazzani (1906), ont trouvé des traces de *mucine*.

Claude Bernard (1859), Truc et Hedon (1894), Jesner (1880), Pautz (1895), ont démontré la présence *du sucre (0,05 0/0)*, qui disparaît seulement dans les cas d'inanition et augmente par contre dans le diabète, d'une façon beaucoup moins considérable, toutefois, que dans le plasma sanguin.

D'après Vidal (1897), il existerait également dans l'humeur

aqueuse *des agglutinines et des précipitines* dans une proportion moindre que dans le sérum. Les hémolysines et les bactériolysines feraient, au contraire, défaut.

Levaditi (1902), Roemer (1905) ont expliqué cette absence des cytotoxines par une sorte de sécrétion élective au niveau de cellules épithéliales du corps ciliaire. Cependant Gatti et Valenti (1904) ont trouvé que l'humeur aqueuse des animaux à sérum hémolysant possède également dans les conditions normales une action hémolysante. Ces propriétés biologiques, pour un animal donné, sont d'ailleurs très faibles comparativement à celles du sérum.

Quant à l'humeur vitrée, sa composition est d'une manière générale sensiblement la même que celle de l'humeur aqueuse Les sels, l'albumine et la mucine (0,06 %), d'après Lohmeyer, Kahn et Cavazzani, y seraient seulement en quantités un peu plus considérables.

Les propriétés physiques des deux humeurs sont également très peu différentes.

L'humeur aqueuse a *un poids spécifique* qui varie entre 1,007 et 1,008. Il est de 1,008 d'après Golowine.

La concentration moléculaire, toujours plus grande que celle du sang, a été déterminée soit par la *cryoscopie* ($\triangle = 0{,}633$), soit par la méthode de l'*hémolyse*. Elle est comparable à une solution de Na Cl à 0,97 % pour l'humeur aqueuse et à 0,96 % pour l'humeur vitrée (Kunst).

Les coefficients osmotiques du sérum, de la lymphe, du liquide céphalo-rachidien, de l'humeur aqueuse, suivent dans cet ordre une progression constante et celui de l'humeur aqueuse est à celui du sérum comme 113 est à 100. On a expliqué ce fait par un appel de l'eau vers les vaisseaux iriens et par un emprunt nutritif vers la cornée et le cristallin.

L'étude de la *conductibilité électrique* est due à Niewerth (1901) et Scalinci (1906), qui ont obtenu des chiffres de beaucoup supérieurs à ceux qui étaient déterminés pour le sérum sanguin.

La *viscosité* est sensiblement égale à celle de l'eau distillée.

B. *Modifications diverses. Passage de substances étrangères.* — Pour étudier toutes ces propriétés, il importe d'expérimenter soit sur les yeux vivants, soit sur les yeux morts, mais à la condition que ces derniers soient dans l'état de fraîcheur le plus parfait possible. Car Deutschmann et Kletzinsky ont remarqué les premiers que *la composition chimique des liquides intra-oculaires change notablement quelque temps après la mort.* La quantité d'albumine et de sels y augmente rapidement et devient bientôt en proportion presque double. Ces deux auteurs ont attribué ce fait à une néoformation de l'humeur aqueuse. Pour les autres, cette modification post-mortem dans la teneur des albumines et des sels n'est pas due à une néoformation, mais simplement au passage dans la chambre antérieure de l'humeur vitrée, plus riche en albumine. Une régénération ne pourrait être, en effet, que le résultat de la circulation ou d'une sécrétion ; or la mort arrête inévitablement ces deux fonctions.

On observe, de même, certaines modifications dans la composition de l'*humeur aqueuse régénérée* après la ponction de la chambre antérieure de l'œil. Et ce fait a donné à nombre d'auteurs une raison d'attribuer la formation des liquides intra-oculaires à une sécrétion au niveau du corps ciliaire et non pas à une filtration.

Les résultats ainsi obtenus montrent une augmentation de la quantité de l'albumine, dès lors spontanément coagulable ; de

même, d'après Golowine, le poids spécifique croît chez le lapin de 1,008 à 1,016, quarante-cinq minutes après la ponction.

Graefe (1883) donne de ce fait l'explication suivante : L'épithélium ciliaire offrirait chez le vivant une barrière à la transsudation de l'albumine dans l'humeur aqueuse normale ; après la ponction, la desquamation de la couche épithéliale sécrétrice du corps ciliaire laisserait désormais libre passage à tous les éléments composants du sang, et ainsi l'albumine augmenterait dans l'humeur aqueuse néoformée. Il a constaté cette desquamation expérimentalement, en observant au microscope des vésicules épithéliales après la ponction de la chambre antérieure.

Scalinci (1906) détruit l'épithélium ciliaire par une injection de Fl Na au $\frac{1}{100}$ et il note, outre la coagulation spontanée de l'humeur aqueuse néoformée, la présence de glucose et une réaction du biuret nettement positive ; il en conclut que le liquide normal est un produit de sécrétion, le liquide néoformé, au contraire, étant le résultat d'un processus de filtration.

Botazzi et Sturchio (1906) considèrent, de même, l'absence ou l'extrême rareté des substances protéiques du sang dans les liquides intra-oculaires comme une preuve en faveur de la théorie de la sécrétion.

Cependant les partisans de la filtration ne retrouvèrent pas, au cours de leurs expériences, les phénomènes de desquamation observés par Graefe et Scalinci et ils attribuent à la filtration les modifications de composition de l'humeur aqueuse primitive, au moins pour la plus grande partie.

Angelucci suppose qu'il faut voir là un appel *a vacuo* créé par la diminution de pression de la chambre antérieure de l'œil, vidée par la ponction. Malheureusement d'autres

expérimentateurs ont produit par une injection d'adrénaline et par une vaso-constriction consécutive un excès de tension, et cependant ils n'ont jamais constaté cette augmentation de l'albumine. Cela ne peut donc être considéré toujours comme le résultat de la simple augmentation des différences de pression.

A l'heure actuelle, après de nombreuses recherches, on est conduit à admettre l'idée d'une hyperhemie produite au niveau des vaisseaux ciliaires. Cette hyperhémie s'accompagnerait de vaso-dilatation ; la pression intra-vasculaire n'augmentant pas, ce n'est plus l'excès de tension qui interviendrait, mais l'accroissement de la masse sanguine. Le fait a été notamment observé dans l'iris des animaux albinos après la ponction de la chambre antérieure.

Peut-être peut-on, tout-de-même, faire jouer un rôle actif dans ces modifications à l'épithélium ciliaire par analogie avec ce qui se passe pour toutes les lymphes de l'organisme (Heidenhain). Mais, très probablement, ce facteur n'intervient ici que dans des proportions minimes en raison de l'absence de véritables conduits lymphatiques et du peu d'activité des échanges nutritifs au niveau des liquides intra-oculaires.

La même explication peut être donnée au sujet de la présence d'alexine (Schneider, 1908), dans l'humeur aqueuse régénérée.

Les auteurs se sont, d'ailleurs, demandé si d'autres substances que l'albumine subiraient la même retention au niveau des vaisseaux ciliaires, et ils ont fait des injections intra-veineuses de diverses substances et surtout de fluoresceine, très facilement décelable dans la chambre antérieure. Dans les conditions normales, ils ont trouvé que l'humeur aqueuse

n'en contenait qu'une faible quantité par rapport à celle lancée dans la circulation générale ou trouvée dans les différents liquides de l'organisme.

Wessely donne, en particulier, les résultats suivants : le sang, qui au début, contient $\frac{1}{2.000}$ de fluorescéine, n'en contient plus après 30 minutes que $\frac{1}{20.000}$; l'urine $\frac{1}{400}$; l'humeur aqueuse de l'œil normal $\frac{1}{1.000.000}$ et l'humeur aqueuse néoformée après la ponction $\frac{1}{20.000}$. Il y a donc parallélisme entre l'albumine et la fluorescéine introduite expérimentalement dans le sang.

Des expériences analogues à la précédente avaient été déjà faites avec de nombreuses substances chimiques étrangères à l'organisme, soit pour étudier seulement leur passage du milieu sanguin dans le milieu intra-oculaire, soit pour déterminer la vitesse de la filtration ou les différentes régions susceptibles de former et d'absorber les liquides intra-oculaires.

Avec l'*iodure de potassium*, Leber obtient une réaction nette au chlorure de palladium ; Hibert l'obtient trois minutes après avoir fait une injection sous-cutanée ; Leplat l'observe au bout de dix minutes dans la chambre antérieure, au bout de quinze à cinquante minutes dans le corps vitré.

Mémorsky injecte du *ferro-cyanure de potassium* à des chiens en quantités variables. Avec 0 gr. 5, il obtient dans la chambre antérieure de l'œil une réaction positive après dix-huit à vingt minutes, seulement au bout d'une heure avec 0 gr. 2, et enfin avec 0 gr. 1 la réaction est négative.

Rampoldi a étudié le passage du *mercure* dans la chambre antérieure de l'œil, après une injection sous-cutanée de calomel.

2. — Lieux de formation des liquides intra-oculaires

Au cours des premières observations, on s'était arrêté à rechercher la provenance des liquides intra-oculaires au niveau de la région ciliaire, mais il subsistait une incertitude dans le choix du lieu d'élection, et suivant les auteurs, tantôt l'*iris,* tantôt le *corps ciliaire* jouaient le rôle principal.

Déjà Méry, *en 1707*, et Beer, *en 1806*, envisageant la pathogénie du glaucome et du staphylome, avaient conclu de leurs observations anatomo-pathologiques que la région productrice de l'humeur aqueuse était le corps ciliaire.

Zinn, se basant sur les données anatomiques, localisa ce processus de formation aux vaisseaux du corps ciliaire, et Haller (1772), partageant cette opinion, insista sur la richesse vasculaire de l'organe.

Boucheron, en 1883, à son tour, divisa l'épithélium ciliaire en deux portions, une *partie aquipare,* productrice de l'humeur aqueuse et une *partie vitréipare* productrice de l'humeur vitrée. Il y avait donc là une analogie avec les faits observés au niveau des différents épithéliums sécrétoires.

Après ces auteurs, les travaux plus récents et la plupart des travaux les plus modernes ont démontré le rôle principal ainsi attribué à la région ciliaire (Memorsky (1865), Deutchmann (1889), Grifitch, Leber, etc.).

Dans ce but, on a réalisé des expériences différentes : on a étudié, par exemple, les liquides intra-oculaires après l'extirpation de l'iris et du corps ciliaire (Deutchmann, Leber), mais les erreurs sont possibles, et les résultats obtenus ne

permettent pas toujours de définir exactement la part d'influence à attribuer soit à l'iris, soit au corps ciliaire.

On a introduit aussi en injection sous-cutanée ou dans le corps vitré, ou dans la chambre antérieure de l'œil, diverses substances (ferro-cyanure de potassium, iodure de potassium, encre de Chine, etc.), et on s'est efforcé d'observer le lieu de leur apparition première et le sens de leur propagation.

En 1882, Ehrlich fournit à l'expérimentation une nouvelle et précieuse méthode, en introduisant dans les travaux nécessaires à l'étude de la filtration l'usage de la fluorescéine, dont la présence au niveau des milieux liquides de l'œil est si facile à reconnaître.

Le premier, il aperçut sur l'iris, après des injections sous-cutanées et intra-veineuses de cette substance, des lignes verticales, verdâtres : lignes d'Ehrlich.

Avec lui, Hamburger et Nicati attribuèrent un rôle prépondérant à l'iris, et en particulier à sa face antérieure dans la production de l'humeur aqueuse et de l'humeur vitrée, et en donnèrent comme raison anatomique la richesse de cette région en réseaux capillaires.

Les recherches qui suivirent ne permirent pas toujours d'aboutir à des résultats aussi nets, et les objections survinrent. L'apparition des lignes d'Ehrlich fut considérée comme instable et dépendant d'une façon étroite de la concentration du liquide employé. Certains auteurs les observèrent uniquement chez le lapin, et Ehrenthal les a produits chez l'animal mort en augmentant la pression sanguine : aussi leur attribua-t-il comme cause la diffusion. Leber, à son tour, fit jouer un rôle à l'imbibition.

D'ailleurs, Ehrlich lui-même, après de nouvelles expériences, fut amené à reconnaître que le corps ciliaire était aussi un

lieu de formation des liquides intra-oculaires, mais, d'après lui, d'une façon accessoire et exceptionnelle.

La plupart des autres auteurs, soit en provoquant l'hyperhémie des vaisseaux ciliaires avec ou sans excès de pression, soit d'une façon normale et sans créer de circonstances expérimentales artificielles, montrèrent le passage direct de la fluorescéine à travers l'ouverture pupillaire avant l'apparition des lignes d'Ehrlich (Hamburger, Wessely, Nicati, etc.).

Hamburger, se basant sur ses expériences précédentes, conclut, avec Ehrlich, que l'iris est le lieu de production normale des liquides intra-oculaires, et il réserve un rôle au corps ciliaire seulement en cas de néoformation consécutive à une ponction ou en cas d'hyperhémie des vaisseaux de l'organe.

En somme, cet exposé historique des recherches nous montre qu'en général la plupart des auteurs, un petit nombre excepté (Ehrlich, Hamburger), *attribuent à la région ciliaire l'influence prépondérante* et, à l'appui de leurs théories, ils apportent les raisons suivantes, qu'on peut classer en deux groupes :

1). — *Les raisons positives, toutes en faveur du corps ciliaire.*

2). — *Les raisons négatives établissant pour l'iris l'impossibilité d'être le lieu principal de la filtration.*

1. — Raisons positives. — *a*) Expérience de Nuel et Benoit : elle consiste à introduire de l'encre de Chine dans la chambre postérieure d'un œil condamné à l'énucléation ; cette substance apparaît au niveau de la pupille.

Lewinsohn (1898, 1899 et 1901), Schœler, Uthoff (1883) et les autres répètent des expériences analogues avec la fluorescéine et obtiennent les mêmes résultats.

De même, si on fait simplement le vide dans la chambre antérieure, il se produit un écoulement par la pupille. *Donc, le sens que suit le courant est dirigé du corps ciliaire vers la chambre antérieure.* Et ceci détruit l'hypothèse de la fermeture de la pupille (*Physiologischer Pupillenabschluss*) de Hamburger, qui servait de base à l'argumentation en faveur de l'iris.

b) Certaines inflammations, amenant l'accolement de l'iris à la capsule cristallinienne, empêchent la libre circulation de l'humeur aqueuse produite au niveau du corps ciliaire; il en résulte que l'iris bombe en avant et que, par suite, la profondeur de la chambre postérieure augmente, celle de la chambre antérieure diminuant. Ces faits observés ne peuvent s'expliquer que par une filtration au niveau du corps ciliaire. Cependant nous devons ajouter que les mensurations de Leplat, faites avec l'appareil de Priestley-Smith sur les yeux morts, ne décèlent jamais de variation dans la profondeur de la chambre antérieure de l'œil, même si l'on modifie la pression de la chambre postérieure.

c) Si, la pression étant égale dans les deux chambres de l'œil, on les fait communiquer avec un manomètre, la pression monte dans la chambre postérieure au bout d'un certain temps. Otto Weiss objecte qu'il faut peut-être faire intervenir dans ce cas une action de la contraction pupillaire, mais, à l'appui de cette supposition, il ne cite aucune expérience.

2. — *Raisons négatives.* — *a)* Chez les nouveau-nés atteints *d'aniridie*, c'est-à-dire présentant une absence congénitale de l'iris, l'humeur aqueuse existe et sa quantité n'est pas notablement diminuée.

b) Lorsque, à la suite d'une perforation de la chambre antérieure de l'œil, l'iris vient s'appuyer mécaniquement sur la cornée, il lui reste invariablement accolé et aucun liquide ne vient séparer les deux organes.

c) Leber démontre que l'iris seul est incapable de produire à lui seul l'humeur aqueuse. Pour cela, après enlèvement de la cornée, mise à nu de l'iris et écoulement du liquide de la chambre antérieure, il fait deux séries d'expériences : tantôt il obture la pupille à l'aide d'un tampon porté par une tige métallique, fixée derrière l'iris, et il assure une fermeture complète en déterminant une forte contracture pupillaire sur le tampon grâce à l'injection d'ésérine : après cette manipulation l'iris reste sec ; tantôt il assure par une canule l'écoulement direct en dehors de l'œil du liquide de la chambre postérieure : dans ce cas encore l'iris reste sec ou s'humecte à peine au niveau du bord pupillaire.

Ces expériences délicates sont démonstratives et montrent que la production des liquides de l'œil ne se fait pas d'une façon normale au niveau de l'iris, et que celui-ci, s'il contribue à la fonction, ne joue du moins qu'un rôle exceptionnel et accessoire.

Mais l'anatomie comparée, toutefois, ne nous permet pas de généraliser ces conclusions à tous les animaux. Chez ceux (amphibiens, tritons) dont le développement insuffisant des procès ciliaires a été compensé par une hypertrophie de la région postérieure de l'iris, c'est celle-ci qui est presque uni-

quement organe de filtration (Gallenga, en 1906, la considère comme un procès ciliaire isolé).

Outre ces deux parties oculaires, nous citerons encore comme lieu de production des humeurs oculaires, la partie postérieure de l'œil : *la choroïde*. Knies et Ulrich admettaient ce niveau de filtration. Cette opinion n'est guère soutenable en présence des résultats des expériences de Leber.

Pour se faire une idée exacte de la formation des liquides oculaires au niveau de la choroïde, Leplat conseille d'introduire dans la chambre postérieure de l'œil une canule en cherchant par tâtonnement une pression constante. Après cela, pour oblitérer les voies d'élimination, il faudrait lier le nerf optique et faire une injection de vaseline dans la chambre antérieure de l'œil. Dans ce cas, le liquide produit dans la chambre postérieure s'écoulerait par la canule et on aurait, de cette façon, la quantité de liquide formé à ce niveau. Mais il faudrait encore tenir compte dans le résultat ainsi obtenu de la possibilité de résorption par les veines ou par les espaces périchoroïdiens. Il est très difficile de réaliser ce programme.

Angelucci a démontré par injection de fluorescéine dans la circulation générale, que les capillaires de la choroïde laisseraient transsuder une petite partie de liquide coloré.

La plupart des auteurs ne séparent pas la production de l'humeur aqueuse de celle de *l'humeur vitrée*. Cependant Deutchmann a voulu, en se basant sur la plus grande richesse de l'humeur vitrée en albumine, lui attribuer une autre origine.

D'après Leplat (1899), on peut supposer que l'albumine renfermée dans l'humeur aqueuse est très rapidement absorbée au fur et à mesure de sa production, tandis que celle contenue dans le liquide vitréen est retenue dans les mailles du corps vitré où elle s'accumule.

3. — Lieux d'élimination des liquides intra-oculaires

Les voies d'élimination des humeurs oculaires sont : *le plexus veineux de Leber,* au niveau de l'angle irido-cornéen, *l'iris, le corps ciliaire, la gaine du nerf optique* et *l'espace périchoroïdien le long des vasa vorticosa.*

Le canal de Schlemm (plexus veineux de Leber) est la plus importante de ces voies. Pour l'atteindre, l'humeur aqueuse doit traverser la pupille en passant de la chambre postérieure dans la chambre antérieure de l'œil.

Mais d'abord, certains auteurs ont nié ce courant, objectant que l'iris, en s'appuyant étroitement à la capsule cristallinienne, s'y opposait (Hamburger, Ulrich).

On a aussi attribué ce courant à l'inégalité des pressions de deux chambres : la pression supérieure de la chambre postérieure ayant pour but de chasser le liquide vers la chambre antérieure. Mais la découverte de l'égalité de ces deux pressions fit jouer un certain rôle à des phénomènes de diffusion à travers l'iris. Ulrich, en faisant une injection de ferrocyanure de potassium, constata, en effet, après l'énucléation de l'œil, la coloration du bleu de Prusse au niveau du bord ciliaire de l'iris. Mais, d'autre part, Koster a

démontré que l'iris frais ne se laissait traverser par aucun liquide, même sous une pression assez élevée.

Hamburger invoqua plus tard le tonus continuel du sphincter irien, qui ne permet absolument aucun passage d'une chambre à l'autre. Leber remarque que le passage existe, mais, étant donné que toutes les substances mydriatiques l'accélèrent, il admet que le tonus existe réellement, qu'il peut ralentir le courant mais non pas l'empêcher.

Nuel et Benoit ont démontré également ce passage par l'encre de Chine. Ces données montrèrent le sens du courant du liquide vers la chambre antérieure; il a fallu encore démontrer le lieu exact où ce liquide s'élimine.

Schwalbe (1870) fut le premier à signaler le canal de Schlemm comme la voie d'élimination pour l'humeur aqueuse. Seulement il l'attribua à une libre communication et non à une filtration.

Pagenstecher, en 1878, observa le passage du ferrocyanure de potassium et la coloration du bleu de Prusse au niveau du canal de Schlemm par une injection dans la chambre antérieure. Il a fait cette injection à deux malades, quelque temps avant leur mort. En même temps il a introduit à chacun d'eux de la physostigmine dans un œil et de l'atropine dans l'autre. Dans les deux cas la coloration bleue était visible dans le premier œil et pas dans le second. Il semblerait donc que la contraction de la pupille favorise le passage, la dilatation le diminuant.

Gutmann, Th. Leber et Bentzen ont bien mis en évidence que le canal de Schlemm est une veine épisclérale et nullement un simple espace lymphatique, et qu'il s'agit ici d'une véritable filtration. Ils expérimentaient avec les diverses substances colorantes.

Plus tard vinrent les expériences de Nuel (1899) et d'Assayama (1900) avec l'encre de Chine sur les yeux humains et sur les yeux de lapin. Ils ont très bien vu le passage de cette substance dans le plexus veineux de Leber.

En injectant de l'huile dans la chambre antérieure, Weber a produit une embolie graisseuse de l'angle irido-cornéen et un véritable glaucome expérimental sur le lapin.

De plus, l'existence d'hydrophtalmus congénital dans le cas d'absence du canal de Schlemm est également en faveur de cet argument (Römer, 1902).

Dans ces dernières années, on a attribué également souvent à *l'iris* et plus rarement *au corps ciliaire* le rôle d'élimination des liquides intra-oculaires. En effet, à la suite d'injections de diverses substances colorantes dans l'œil, on les a vu passer (plutôt d'une manière diffuse) soit dans les veines de la face antérieure de l'iris, soit dans les veines du corps ciliaire (Leber, Assayama). Cependant, à l'heure actuelle, on délaisse cette voie, étant donné que les substances injectées deviennent au niveau de ces endroits intra-leucocytaires (encre de Chine par exemple).

Wessely, en 1905, tira de ces différentes recherches la conclusion suivante : On ne fera pas une grande erreur en attribuant à l'iris aussi un rôle minime, soit dans la production, soit dans l'absorption des humeurs oculaires, si l'on compare alternativement cet organe aux procès ciliaires d'une part lorsqu'il s'agit de la production, ou, d'autre part, au *plexus veineux de Leber*, s'il s'agit de l'élimination.

Envisageant toute la facilité avec laquelle les substances employées par les expérimentateurs passent dans le système veineux de Schlemm, et étant donné d'autre part qu'après la destruction expérimentale de l'angle irido-cornéen ou après

la perte de ses propriétés physiologiques par la mort, l'élimination ne se fait pour ainsi dire plus quoique l'iris et le corps ciliaire restent intacts, *on a le droit de conclure que c'est principalement au niveau de ce plexus veineux que l'élimination se fait.*

Quant au *nerf optique,* sa part dans ce processus n'est pas grande.

Janin, Deutchmann, ont observé que l'œil se vide complètement après la ponction, même lorsqu'on lie le nerf optique.

Nuel a constaté que le courant des matières colorantes se dirigeait toujours d'arrière en avant.

Cependant les autres auteurs (Schwalbe, 1872, Ulrich, 1084, Gifford, 1886, Leber) ont trouvé, en injectant de l'encre de Chine dans l'œil, cette substance dans le canal central, les vaisseaux centraux et l'espace intra-vaginal du nerf optique. *La proportion du liquide éliminé par cette voie est évaluée à* $\frac{1}{50}$ *de la quantité éliminée totalement* (Priestley-Smith, Niesmanoff, Leplat).

Enfin, en présence de la richesse vasculaire de la *choroïde,* on a pu bien supposer qu'il y a aussi, à son niveau, d'une part production et, d'autre part, élimination des liquides intra-oculaires.

Pour Czermak et Birnbacher (1886), l'élimination se fait directement *par les vasa vorticosa et par les longues veines ciliaires,* tandis que, pour Leber, les substances injectées fuient le long de ces vaisseaux et non par leur lumière. Heine, en 1905, admet cette voie d'élimination choroïdienne et l'utilise en proposant dans le glaucome « la cyclodialyse », c'est-à-dire l'extirpation du corps ciliaire ayant pour conséquence l'oblitération de l'angle irido-cornéen.

4. — Vitesse des échanges liquides dans les chambres antérieure et postérieure de l'œil.

L'observation directe d'un œil vivant et intact ne permet jamais de voir une circulation des liquides intra-oculaires, d'assister à des échanges actifs, et au renouvellement de ces liquides. Cependant ces phénomènes sont indispensables si on envisage le rôle nutritif de ces humeurs vis-à-vis du cristallin, de la cornée et du corps vitré. Car ces parties oculaires, bien qu'étant des milieux transparents dépourvus de rôle actif, ont des besoins nutritifs, restreints, il est vrai, mais tout de même réels. Elles demandent un certain apport nutritif, même dans leur état tout à fait normal, et d'autant plus lorsque les modifications possibles surviennent, soit par évaporation, soit par différence de pressions, soit par transformations structurales dépendant de l'âge.

Les preuves directes pour les échanges liquides dans l'œil étant impossibles, on est parvenu à les établir expérimentalement d'une façon indirecte.

Les premiers expérimentateurs (Haller, 1772), en ponctionnant l'œil, étaient frappés d'un écoulement rapide du liquide intra-oculaire, suivi bientôt d'une néoformation de ce liquide, qui rendait à l'œil sa tension normale et à la chambre antérieure sa profondeur habituelle. Les recherches chimiques ont cependant bien vite démontré que le liquide primitif et le liquide néoformé n'étaient pas identiques. Par conséquent, ce fait ne pouvait pas servir pour démontrer la filtration normale de l'œil.

Pour mesurer la vitesse de la production de l'humeur

aqueuse primitive, les premiers expérimentateurs laissaient s'écouler librement ce liquide. Jesner, en 1880, a obtenu, de cette façon, chez le lapin, un écoulement de 48 millim. cubes par minute. Le volume de la chambre antérieure étant de 300 millim. cubes (Bellarminoff), d'après ce chiffre son contenu serait renouvelé au bout de 6 minutes.

Leplat donne dans les mêmes conditions 7 et 20 millim. cubes par minute, mais en négligeant l'écoulement des premières minutes qui suivent la ponction de l'œil.

Après ces expériences seulement, on remarqua que la vitesse d'écoulement diminue notablement lorsqu'on recueille le liquide dans un récipient placé à une certaine hauteur (Hering).

Aujourd'hui la plupart des auteurs s'accordent pour admettre d'une part que l'écoulement ou l'arrivée de liquide est d'une lenteur extrême, et, d'autre part, que la quantité des liquides intra-oculaires qui s'écoule doit être à peu près égale à la quantité néoformée pendant ce temps, étant donné que la tension intra-oculaire est constante.

Le premier, Leber a constaté cette lenteur en introduisant une canule dans l'œil et observant l'écoulement de l'humeur aqueuse sous une pression égale à celle de l'œil.

Toutes les expériences de début étaient basées sur l'introduction de substances étrangères (colorantes) dans la circulation générale ou directement dans l'œil et sur leur apparition et disparition de ce milieu. On chronométrait ainsi le temps nécessaire au renouvellement du liquide.

Ehrlich a utilisé la fluorescéine comme pour les recherches sur la provenance de l'humeur aqueuse.

Diverses objections ont été faites au sujet de la rapidité d'apparition et de disparition de ces substances (Ehrenthal,

Leber). Certains auteurs l'attribuèrent plutôt à une diffusion qu'à une filtration, parce qu'en introduisant de l'or en feuilles ou des cristaux de cholestérine dans la chambre antérieure, ils n'observèrent aucun mouvement de ces corpuscules.

Alors seulement on commença à employer *les manomètres de filtration* (" filtration's manometer"). Celui de Priestley-Smith a servi de point de départ. Les autres expérimentateurs le modifièrent mais le principe reste toujours le même.

C'est un tube horizontal en verre d'un diamètre capillaire connu, relié à un manomètre et rempli d'une solution de Na Cl (on se sert d'habitude d'une solution de 7,5 pour 1.000). En le faisant communiquer avec l'œil, on lit sur le manomètre la pression, tandis que le déplacement d'une bulle d'air sur le tube horizontal montre la production ou l'élimination du liquide intra-oculaire.

Après avoir vidé la chambre antérieure, il entre toujours au début plus de liquide qu'à l'état normal. Il faut donc attendre quelques minutes avant de mesurer la quantité du liquide entrant.

D'après les diverses recherches, il faut 45 à 50 minutes pour remplir complètement une chambre antérieure vidée. Son contenu étant de 250^{mm^3} (Leber) à 300^{mm^3} (Bellarminoff), en expérimentant sous une pression intra-oculaire de 25^{mm} de Hg, Leber et Bentzen ont trouvé 5 à 6^{mm^3} comme quantité de liquide filtré dans une minute, pour les yeux humains morts depuis treize heures. Pour le lapin, Benzten a trouvé 6^{mm^3} et Niesmanoff 7^{mm^3}.

Ces résultats étaient obtenus sur des yeux morts où les conditions normales n'existaient plus, même si l'on se servait d'un œil le plus frais possible, car d'une part, la pression veineuse moindre facilite l'élimination, et, d'autre part, on dis-

tend l'œil hypotendu en l'amenant à la pression intra-oculaire normale (Priestley-Smith). Donc les erreurs étaient possibles.

Leplat expérimenta alors sur des lapins vivants, en faisant communiquer un manomètre avec le corps vitré et en établissant la pression normale. Après avoir vidé complètement la chambre antérieure de l'œil, il y injecta de la vaseline pour oblitérer la voie d'élimination au niveau de l'angle irido-cornéen. Il en résulta que presque tout le liquide formé dans l'œil devait s'écouler par la canule. Dans 5 minutes il obtint 21^{mm^3}, soit 4^{mm^3} par minute.

Leber fit aussi, en 1906, de nouvelles et directes recherches, en se servant de son manomètre de filtration, après avoir reconnu les erreurs de ses expériences précédentes. Les résultats obtenus s'approchent de ceux donnés par Leplat.

Les expériences portant *sur l'humeur vitrée*, beaucoup plus rares que celles qui intéressent l'humeur aqueuse, ont prouvé que le courant de ce liquide est encore beaucoup plus lent que celui de la chambre antérieure (Memorsky, 1865 ; Leplat, 1889).

Schoeler et Uhthoff ont vu la fluorescéine persister dans le corps vitré quatorze jours après son introduction.

5. — La tension intra-oculaire à l'état normal. Sa mesure.

Suivant un grand nombre d'auteurs, *la pression intra-oculaire est à l'état normal de 25 mm de Hg* en moyenne, pour les yeux humains non narcotisés, tandis que la pression endo-vasculaire de la région ciliaire serait de 50 mm de Hg (Leber).

Pour le lapin, on a donné des chiffres variant entre 18 et 35 mm de Hg.

Dans l'œil normal, la disposition particulière des vaisseaux ciliaires a une tendance à maintenir la tension intra-oculaire à peu près stable, malgré les variations assez brusques qui se produisent incessamment au niveau de l'artère ophtalmique. En effet, les artères ciliaires postérieures et antérieures, avant d'arriver au corps ciliaire, ont à parcourir un trajet plus ou moins long et sinueux, tandis que les veines sortent plus ou moins directement de l'œil et possèdent, en outre, des parois épaissies, qui facilitent la circulation de retour.

Pour le plus grand nombre des auteurs, la pression est égale dans le corps vitré et dans la chambre antérieure (Koster, Hamburger, Priestley-Smith, Leber, Monnich).

Le premier, Koster employa un tube en T mis en communication avec les deux espaces et trouva constamment un équilibre de pression.

A l'état normal, c'est-à-dire en dehors de tout effet pathologique, on observe l'influence des pulsations cardiaques et des mouvements respiratoires sur cette tension, dont les modifications sont rendues appréciables grâce à un manomètre à Hg communiquant avec l'œil.

Laissant de côté la mensuration par le *toucher bidigital,* d'un emploi très pratique pour la clinique, il nous reste à citer les méthodes expérimentales : *la manométrie et la tonométrie.*

Les tonomètres doivent être employés toujours lorsque l'œil doit rester intact et ne doit pas être perforé.

Dans les autres cas, la manométrie oculaire est plus exacte et permet de mesurer la pression de la chambre antérieure et du corps vitré.

En principe, pour que la mesure soit bonne, il ne faut pas qu'elle influence la pression sanguine.

La *manométrie* consiste à mettre en rapport l'œil avec un réservoir de Hg (manomètre de Leber). Le déplacement d'une bulle d'air sur le tube de communication, dans un sens ou dans l'autre, indique les variations de pressions ; sa stabilité montre l'égalité des pressions entre l'œil et le manomètre.

Hölzke a employé un manomètre double à Hg.

Leber a perfectionné plus tard son manomètre, en en faisant un appareil pour mesurer la filtration et la pression endo-oculaire en même temps.

La *tonométrie* consiste en principe à comparer une force extérieure à la tension oculaire. L'exactitude n'est jamais grande.

Dans le *tonomètre* de Maclakoff, le diamètre de la dépression produite sur la cornée mesure la tension intra-oculaire.

Le *tonomètre* de Fick utilise la force nécessaire pour déprimer visiblement la cornée. *Un degré* du tonomètre de Fick correspond à 2^{mm} de Hg.

6. — Influences agissant sur la production et la tension des liquides intra-oculaires

A. *Système nerveux.* — Les nerfs sécrétoires spécifiques, qui agiraient d'une façon évidente sur la formation des liquides oculaires, ne sont pas encore trouvés.

Presque toutes les expériences qui ont voulu démontrer l'influence du système nerveux ont été faites sur les ani-

maux. Pour l'homme, on a remarqué plutôt une légère tendance à la modification de la qualité de l'humeur aqueuse qu'un changement dans sa quantité (Mawas).

Les premières expériences consistaient en excitation ou section du *sympathique* et du *trijumeau*. Les phénomènes observés dans les deux cas étaient presque les mêmes. L'excitation donnait une élévation passagère de la tension oculaire ; la section, une chute (Adamuk, von Hippel, Grunhagen, Panas).

Pourfour du Petit (1727), et plus tard Cl. Bernard (1858), Vulpian (1875), ont remarqué que la section du sympathique, chez les lapins et les chiens, amène une rétraction du globe oculaire.

Après la section du sympathique ou du trijumeau, Nicati, Lodato, Schoeler et Uhthoff constatèrent une apparition plus prompte de la fluorescéine dans l'humeur aqueuse, une augmentation légère de sa teneur en albumine et une néoformation plus rapide. Angelucci, *en 1903*, avait obtenu les mêmes résultats en expérimentant sur les yeux sympathectomisés ou après la section du trijumeau, et en injectant de la fluorescéine ou de l'iodure de potassium. Au contraire, en excitant ces nerfs, il y avait un retard dans le passage de la fluorescéine (Angelucci, Wessely).

Landolt n'attribue aucun rôle au mécanisme nerveux. En enlevant le ganglion ciliaire, il ne remarqua aucune perturbation dans la production de l'humeur aqueuse. De même Scalinci (1908), n'obtint que de très légères modifications de l'humeur aqueuse en excitant les rameaux carotidiens du sympathique ou la racine longue sensitive du ganglion ciliaire.

Certains expérimentateurs ont constaté des changements

de l'humeur aqueuse en irritant d'une façon quelconque l'œil. Ainsi Adamuk accélère la néoformation de ce liquide par irritation chimique de la conjonctive. Jesner, Wessely, irritent la cornée et obtiennent les mêmes résultats.

B. *Pression vasculaire.* — La production des liquides intra-oculaires est influencée par la différence entre la pression vasculaire et celle de la chambre antérieure. D'après certains auteurs, chaque changement de la pression au niveau des vaisseaux modifierait la tension et la quantité des liquides, de telle sorte que la quantité de l'humeur aqueuse formée serait proportionnelle à la différence des pressions (" Loi de Poiseuille ").

Cette différence des pressions serait absolument nécessaire au retour des liquides intra-oculaires par les veines restant béantes dans ces conditions. Mais d'après Leber, Assayama et d'autres auteurs, ces petites veines peuvent rester ouvertes par simple tension élastique.

Les premières expériences à propos de l'influence de la pression ont été faites par Niesmanoff (1896), Leber, Priestley-Smith, sur les animaux morts.

Niesmanoff, en utilisant les yeux morts, trouva que jusqu'à une tension intra-oculaire de 50^{mm} de Hg, l'écoulement de l'humeur aqueuse en dehors se fait à peu près de la même façon que chez l'animal vivant. Les résultats des autres auteurs varient un peu (Grœnholms, Hamburger)

Des expériences ont été faites sur les yeux vivants en établissant une communication entre un manomètre de filtration et la chambre antérieure. Chaque fois que la pression du manomètre était supérieure à celle de l'œil, il y avait un arrêt plus ou moins complet de l'écoulement ;

lorsque le manomètre indique une pression assez élevée (vers 50 mm de Hg), il se fait une rentrée du liquide vers l'œil (toutefois moins facilement que dans l'œil mort). Enfin, si la pression est égale ou inférieure à celle de l'œil, le liquide intra-oculaire s'écoule au dehors.

Étant donné que la pression sanguine au niveau de la région ciliaire est de 50 mm de Hg (Leber), la filtration ne se fait plus si la tension intra-oculaire atteint ce chiffre.

En général, d'après les résultats obtenus, il semble qu'on peut établir à l'état normal un coefficient de filtration variant très peu pour une même espèce.

Mais toutes les causes, directes ou indirectes, qui font varier la pression endovasculaire influencent dans le même sens la tension intra-oculaire.

Ainsi on a constaté la *diminution de la tension* dans tous les cas de ligature des carotides, dans les grandes anémies post-hémorragiques, lorsqu'on excite le nerf pneumogastrique, le nerf de Cyon, lorsqu'on sectionne la moelle, etc.

Cliniquement, on a observé une diminution de la tension intra-oculaire chez les sujets ayant une affection cardiaque hypotensive.

D'autre part, la *pression oculaire* s'élève par la compression de l'aorte descendante (Chabbas, Grignolo, 1905) pour devenir même double. On obtient un résultat analogue par l'excitation de la moelle, du bulbe rachidien (Adamuk, Jesner), par la présence d'obstacle au niveau de la circulation veineuse, par une injection intra-veineuse de Na Cl (Uribe y Troncoso).

Uribe y Troncoso constata une certaine influence de la pression atmosphérique sur la tension intra-oculaire. Celle-ci est, en effet, à Mexico, chez le lapin, de 12 mm 2 de Hg,

sous une pression atmosphérique de 580 mm de Hg, tandis qu'elle est de 25 mm sous la pression atmosphérique normale.

De même, toutes les *substances* et *médicaments* qui influencent d'une façon quelconque la pression vasculaire, modifient également la tension intra-oculaire. Ainsi les yeux des animaux narcotisés par l'éther ou le chloroforme ont toujours une tension diminuée (Stocker), tandis que l'emploi de digitaline, de strychnine (Adamuk), de nicotine, l'augmente. Kahn (1906) a observé la même action pour l'adrénaline, mais, sur ce dernier point, d'autres expérimentateurs ont obtenu un résultat contraire.

C. *Substances mydriatiques et myotiques.* — Ces substances, dans leur application locale sur l'œil, ont aussi une grande influence sur la tension oculaire. Il est assez difficile d'interpréter convenablement leur action particulière sur l'œil, étant donné que cette action est souvent en opposition avec leur rôle général.

Par exemple, la *cocaïne*, appliquée localement, diminue la tension intra-oculaire, tandis que, introduite dans l'économie, elle produit une hypertension vasculaire. On a tenté d'expliquer ce fait par la diminution de la quantité de sang artériel dans les vaisseaux rétrécis. Wessely a trouvé une action identique pour *l'adrénaline* et l'interprète de la même façon. *L'atropine* produit une augmentation de la tension de l'œil, en dilatant et en hyperhémiant les vaisseaux.

L'ésérine et la pilocarpine la diminuent. La pilocarpine modifie la composition de l'humeur aqueuse. Angelucci et Mawas ont constaté que l'injection intra-veineuse de cette substance agit sur la production de l'humeur aqueuse, en augmentant sa teneur en matières protéiques et en glucose ;

le liquide produit est spontanément coagulable et contient des globules blancs.

D. *Concentration moléculaire du sang.* — La concentration moléculaire du sang, à son tour, tient sous sa dépendance les liquides intra-oculaires et la tension de l'œil. En effet, les injections intraveineuses des solutions hypertoniques de Na Cl amènent une hypertension intra-oculaire.

Les auteurs ont expliqué ce phénomène de façons différentes :

a) Pour les uns, il s'agit d'une *simple irritation* du corps ciliaire déterminant une production plus grande de l'humeur aqueuse.

b) Les autres font intervenir une *action chimique lymphagogue*, qui faciliterait les échanges entre le sang et le milieu liquide de l'œil (Angelucci, Wessely).

Wessely signale qu'une injection sous-cutanée d'une solution hypertonique de Na Cl accélère la disparition de l'encre de Chine introduite dans l'œil.

Il observa de même, après une injection sous-conjonctivale de Na Cl, une augmentation de l'albumine dans l'humeur aqueuse et l'apparition nette de l'hémolysine. La réaction de Widal avec ce liquide était très démonstrative.

En se basant sur ces considérations, il propose une nouvelle méthode thérapeutique, consistant en injections de Na Cl dans les cas où on aurait besoin de la présence d'une substance immunisante dans le milieu oculaire.

c) Enfin, Uribe y Troncoso, Heine, Cantonnet, interprètent ce changement de la tension oculaire par *les lois physiques*, en l'attribuant soit à une conséquence de l'augmentation

immédiate de la tension vasculaire, soit à des échanges osmotiques produits entre le sang et l'humeur aqueuse.

En résumé, de l'ensemble des travaux précédents résultent les conclusions suivantes :

Les liquides intra-oculaires se rapprochent par leur composition d'autres liquides organiques. Cependant leur concentration est faible comparativement au plasma et à la lymphe.

Le lieu principal de leur production est le corps ciliaire, tandis que le canal de Schlemm est la voie prépondérante de leur élimination. Au niveau de ces deux endroits, la richesse vasculaire est très caractéristique.

La vitesse de la circulation intra-oculaire sous une pression constante est très lente, soit en moyenne 4^{mm^3} par minute.

La pression normale de l'œil humain est de 25^{mm} de Hg ; elle dépend étroitement de tous les changements de la pression endo-vasculaire au niveau des endroits de production des liquides intra-oculaires.

D'autre part, elle est influencée par toutes les modifications de la circulation générale et de la composition du sang.

Ces conclusions ont été vivement attaquées dans ces dernières années par O. Weiss, d'après qui l'existence d'une circulation continue de l'humeur aqueuse est extrêmement invraisemblable. Les partisans de la doctrine classique, dit cet auteur, n'apportent pas de preuves suffisantes à l'appui de leur opinion.

Les principaux arguments de ceux qui, avec Leber, admettent comme source unique de l'humeur aqueuse les procès ciliaires sont les suivants :

1° Quand on vide la chambre antérieure, il se fait par la pupille un courant liquide ;

2° L'iris bombe en avant lorsque son bord pupillaire contracte des adhérences avec le cristallin ;

3° Un manomètre préalablement réglé à la valeur de la tension oculaire se met à monter quand on le relie à la chambre postérieure.

4° L'extirpation du corps ciliaire et de l'iris entraîne la disparition comp'ète des liquides oculaires.

A tout cela Weiss répond : 1° que le liquide néoformé n'est pas identique à l'humeur aqueuse ; 2° que la projection de l'iris n'est pas constante ; 3° que la pupille peut intervenir ; 4° que formation de liquide n'est pas synonyme de circulation de liquide.

A ceux qui, avec Ehrlich, Hamburger, attribuent un rôle à la face antérieure de l'iris, Weiss oppose diverses objections :

Chez le nouveau né dépourvu d'iris, ou dans les cas de blessures entraînant la destruction de l'iris, l'humeur aqueuse existe.

Lorsque, à la suite de perforations suivies d'issue de l'humeur aqueuse, l'iris s'accole à la cornée, cet état persiste. La séparation devrait se produire si du liquide était sécrété par la face antérieure de l'iris.

Enfin, dans les cas d'occlusion complète de la pupille, l'iris mis à nu ne présente pas la moindre sécrétion.

Voilà pour l'arrivée de l'humeur aqueuse.

Quant à son départ, il n'existe comme fait positif que la possibilité d'injecter du liquide d'une façon continue dans la chambre antérieure lorsque la pression d'injection est supérieure à la pression intra-oculaire. Et c'est parce que, sur le

cadavre, toute pression positive introduit du liquide dans l'œil, qu'on admet comme lieu de départ l'angle irido-kératique et la face antérieure de l'iris, où l'humeur aqueuse filtrerait dans les veines.

Les expériences de Weiss ont été instituées pour étudier l'influence de la pression intra-vasculaire dont ne tiennent pas compte les observations habituellement faites sur le cadavre :

Si l'on injecte du liquide de Ringer dans les vaisseaux d'un chien mort, on constate que du liquide entre dans l'œil quand la pression vasculaire l'emporte sur la pression oculaire. Le liquide oculaire pénètre dans les vaisseaux dans le cas contraire. La pénétration de liquide se fait à la fois dans les chambres antérieure et postérieure.

Ces résultats conduisent Weiss à conclure que la formation de l'humeur aqueuse ne consiste pas en une circulation débutant à des points d'arrivée nettement délimités. C'est une filtration uniquement placée sous la dépendance de la pression.

CHAPITRE TROISIÈME

Recherches Personnelles

Nos recherches ont eu un double but. Tout d'abord, nous avons voulu vérifier certains résultats généralement admis par les auteurs, et ensuite préciser quelques-unes des conditions qui influent sur les échanges liquides entre les milieux oculaires et le sang.

La théorie classique, qui admet une circulation continue de l'humeur aqueuse, se base, entre autres arguments, sur la néoformation de liquide après ponction de la chambre antérieure (nous ne reviendrons pas sur le lieu de cette néoformation). D'autre part, on admet également que l'humeur aqueuse sécrétée en certaines places se résorbe en d'autres, puisqu'on peut toujours introduire du liquide dans la chambre antérieure à condition d'exercer une pression supérieure à la pression intra-oculaire.

Weiss (O.), on vient de le voir, critique la théorie classique et estime que seules interviennent dans les échanges les valeurs relatives des pressions vasculaire et oculaire. Si cette opinion est exacte, aucun échange ne devrait se produire lorsque la pression vasculaire reste constante. Or, et c'est précisément une objection qu'il a formulée contre les

recherches antérieures, la plupart des expérimentateurs ont, du fait qu'ils mesuraient la tension intra-oculaire, provoqué des modifications de cette pression, modifications dont il faut tenir compte.

D'autre part, si l'opinion classique est exacte, la tension oculaire est la résultante d'un conflit entre la pression de l'humeur aqueuse à l'endroit où elle se forme (pression de sécrétion) et la résistance à l'orifice d'écoulement. Comme sur chacun de ces deux éléments influent d'autres facteurs importants, tels que la pression dans les vaisseaux artériels et veineux, on conçoit, à ne considérer que le seul facteur mécanique de la régulation de la tension oculaire, qu'on se trouve en présence d'un mécanisme fort compliqué.

Or dès que l'on tente de faire une mesure de cette tension oculaire, on se trouve aux prises avec de sérieuses difficultés.

Le procédé tonométrique de Fick, qui naturellement ne peut donner que des indications approchées, permet toutefois de se renseigner avant toute ponction sur la grandeur probable de la pression.

Lorsqu'on introduit le manomètre, on crée pour l'œil un état nouveau, même lorsque le manomètre a été placé dès le début à un niveau équivalent à la pression oculaire jusque-là constante, et cette pression se met à monter ; il faut atteindre une valeur très supérieure à la valeur initiale pour voir cesser cette variation du manomètre.

Logiquement, toutes choses restant égales, le niveau du manomètre ne devrait pas varier et l'écoulement de l'humeur aqueuse devrait continuer à se faire comme à l'état normal, sans aucune modification, par l'angle irido-cornéen.

Il nous a tout d'abord semblé intéressant de revérifier, à

notre tour, les variations de la vitesse d'écoulement de l'humeur aqueuse :

1° Avec la tension intra-oculaire actuelle ;

2° Avec les variations de la pression intra-vasculaire.

Technique. — N'ayant pas pu nous procurer le manomètre de Leber, nous avons réalisé des dispositifs analogues très simples, de la manière suivante :

Une aiguille de Pravaz, sur laquelle est fixé un petit tube de caoutchouc rempli de liquide de Ringer et fermé par une serre-fine très légère, placée sur le tube de caoutchouc, est introduite avec précaution dans la chambre antérieure, en traversant la cornée aussi obliquement que possible vers sa périphérie.

Le tube de caoutchouc est alors relié au moyen d'un petit ajutage à un plus long tube de caoutchouc communiquant avec un manomètre capillaire de verre présentant une partie horizontale relativement considérable.

Les différentes pressions sont réalisées en plaçant le manomètres à différentes hauteurs.

La vitesse d'écoulement s'apprécie par l'observation des déplacements d'une petite bulle d'air dans le tube horizontal.

Nous avons utilisé, pour conserver une trace écrite des vitesses d'écoulement observées, différents procédés d'inscription. Nous avons déplacé à la main, en suivantaussi fidèlement que possible les mouvements de la bulle, un petit index métallique appliqué contre le tube et muni d'un style appuyant sur un cylindre enregistreur tournant horizontalement avec une grande lenteur.

Ce procédé donnait donc, sans déformations, les mouvements de la bulle d'air avec leurs grandeurs réelles.

Enfin, sur le conseil de M. le Professeur Meyer, nous nous sommes servie d'un petit tambour de Marey, de très faible volume et de grande sensibilité, relié à l'extrémité du tube manométrique. Cette méthode permet de suivre au point de vue chronologique avec plus de fidélité que le déplacement manuel, les variations de la vitesse d'écoulement. C'est avec ce procédé que l'on a recueilli les graphiques qu'on trouvera plus loin. Malgré toute la sensibilité du tambour employé, le tracé n'a naturellement qu'une grandeur très inférieure à la grandeur réelle du déplacement de la bulle, car la quantité du liquide qui s'écoule de l'œil est, même dans les conditions les plus favorables, toujours très restreinte (normalement 250^{mm^3} par heure).

I. - Influences diverses agissant sur l'écoulement de l'humeur aqueuse

A. — TENSION INTRA-OCULAIRE

Expérience I

Un lapin adulte est préalablement anesthésié par l'ingestion d'alcool administré à l'aide de la sonde.

Après avoir immobilisé l'œil à l'aide d'un écarteur, on mesure la tension intra-oculaire avec le tonomètre de Fick ; elle est à ce moment de 12 degrés = 24^{mm} de Hg.

On introduit alors l'aiguille dans la chambre antérieure et on la relie au manomètre.

a) Au début de l'expérience, la partie horizontale du tube recourbé est placée à la hauteur de l'œil. Dans ces conditions, la pression à l'orifice d'écoulement est nulle. Le déplacement de la bulle d'air en 10 minutes est de 50 mm. de la longueur du petit tube, dont la section est telle que 1 mm. de longueur correspond à une capacité de 1^{mm^3} 15 de liquide. Soit un écoulement de 5^{mm^3} 75 par minute.

b) En élevant le petit manomètre à une hauteur de 30 cm. environ, le tonomètre nous donne une tension intra-oculaire de 26 mm de Hg et il s'écoule 4 mm³ 025.

c) En augmentant la pression, l'écoulement devient de moins en moins grand, lorsqu'on atteint une hauteur de 0 m 60, la tension intra-oculaire est de 32 mm de Hg et le déplacement de la bulle d'air qui progresse pendant les premières trois minutes de 5 mm. de longueur s'arrête ensuite, puis fait place à une rentrée de liquide dans l'œil.

Les tracés recueillis par le procédé d'enregistrement manuel reflètent ces variations de la vitesse d'écoulement dans les trois cas :

La première courbe présente une pente assez considérable ; la deuxième courbe est moins rapidement ascendante ; enfin la troisième est au commencement horizontale et descend ensuite (= rentrée du liquide).

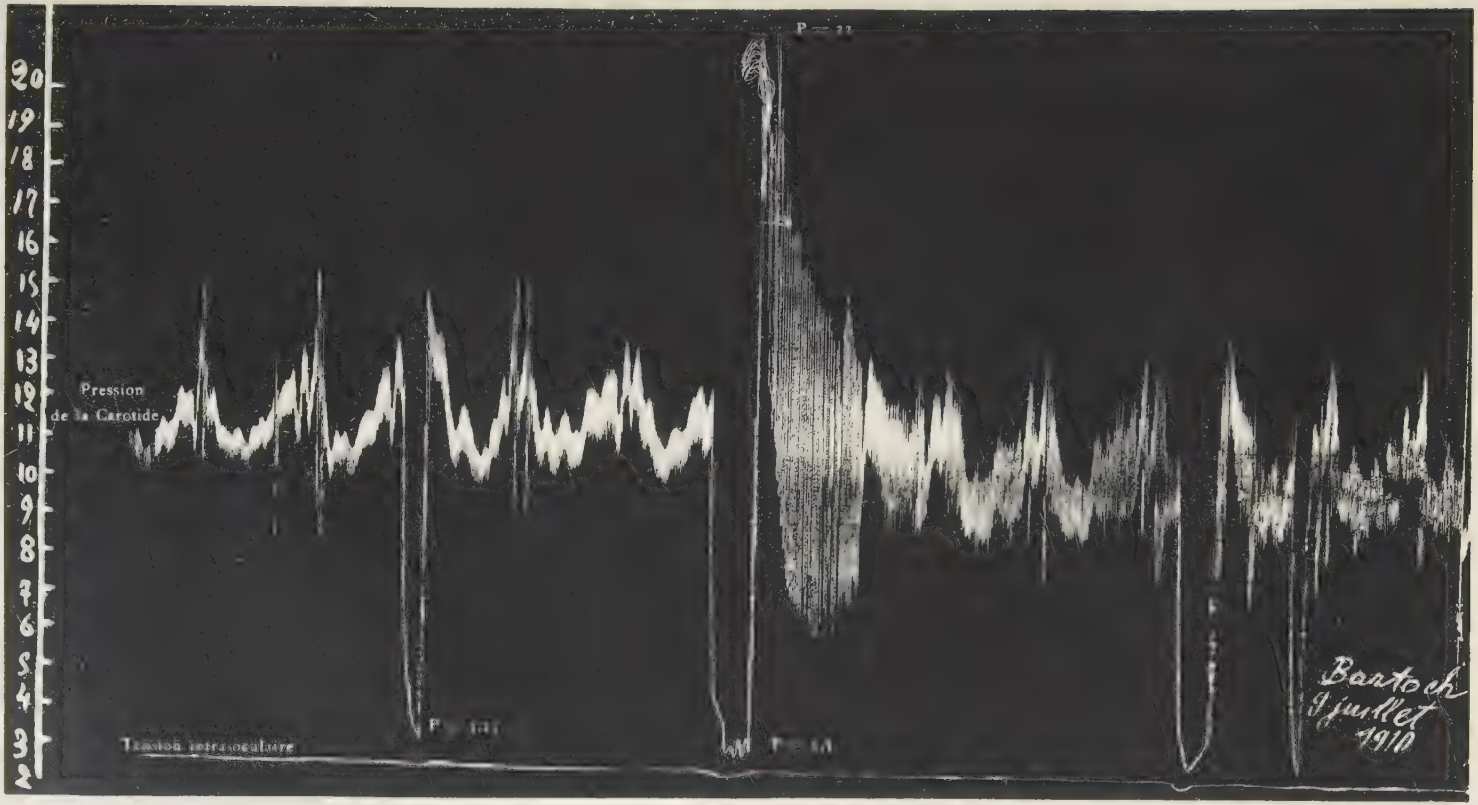
Ayant ainsi vérifié que la vitesse d'écoulement de l'humeur aqueuse, par ponction de la chambre antérieure, est en relation avec la pression à l'orifice d'écoulement, nous avons ensuite porté notre attention sur les rapports entre l'écoulement de l'humeur aqueuse et la pression artérielle.

B. — PRESSION INTRA-VASCULAIRE

Le bout central de la carotide du lapin est relié à un manomètre de François-Frank ; l'extrémité du manomètre oculaire est reliée au petit tambour enregistreur, les deux plumes repérées et les tracés recueillis simultanément.

On détermine à diverses reprises une chute de la pression artérielle en excitant le nerf pneumogastrique. Le tracé ci-joint montre le retentissement de cette chute de pression vasculaire sur la tension intra-oculaire.

Nous avons également observé un parallélisme analogue sur l'animal mort, chez lequel nous produisions artificiellement une pression variable à volonté en injectant du liquide de Ringer par le bout périphérique d'une carotide, en liant


Pression
de la Carotide
Tension intraoculaire
Bastoch
9 juillet
1910

tous les vaisseaux du cou à l'exception d'une jugulaire dans laquelle était placée une canule munie d'un robinet.

Les résultats de l'expérience précédente exécutée sur le lapin ont été étendus en les reproduisant chez le chien.

Expérience II

Chien, 9 kg., chloralosé.

La tension intra-oculaire prise par le tonomètre de Fick est de 12 deg. = 24 mm de Hg.

a) La chambre antérieure de l'œil droit est mise en communication par l'aiguille de Pravaz avec le manomètre dont la partie horizontale est maintenue au début de l'expérience au niveau de l'œil. On observe qu'en 6 minutes 30 secondes la bulle d'air se déplace de 40 millimètres. Etant donné que 1 mm. de longueur correspond à 1 mm^3 15 de liquide, on trouve qu'il y a un écoulement de 7 mm^3 072 par minute.

b) On élève le tube horizontal jusqu'à une hauteur de 35 cm., l'écoulement constaté en 9 minutes est de 33 mm., donc il s'écoule 4 mm^3 par minute.

c) Lorsque le manomètre se trouve à une hauteur de 60 cm., l'écoulement n'a pas lieu.

Graphiquement, comme dans l'expérience précédente, les vitesses d'écoulement dans ces trois cas, inscrites avec un tambour de Marey, se traduisent par trois lignes faisant avec la ligne des abscisses des angles progressivement décroissants.

Ensuite on fait l'inscription simultanée de la pression carotidienne, mesurée à l'aide du manomètre de François-Franck et de la vitesse d'écoulement du liquide intra-oculaire. Le graphique montre l'existence d'un parallélisme complet des deux phénomènes.

Au début de l'expérience, la pression artérielle restait sensiblement constante ; l'écoulement se traduit par une ligne irrégulièrement ascendante.

Pour réaliser une baisse de pression par un procédé différent de celui employé dans l'expérience précédente, on sacrifie l'animal

en pratiquant une saignée fémorale tout en continuant l'inscription. Le résultat est : baisse de pression du sang et rentrée du liquide dans la chambre antérieure (la ligne d'écoulement descend).

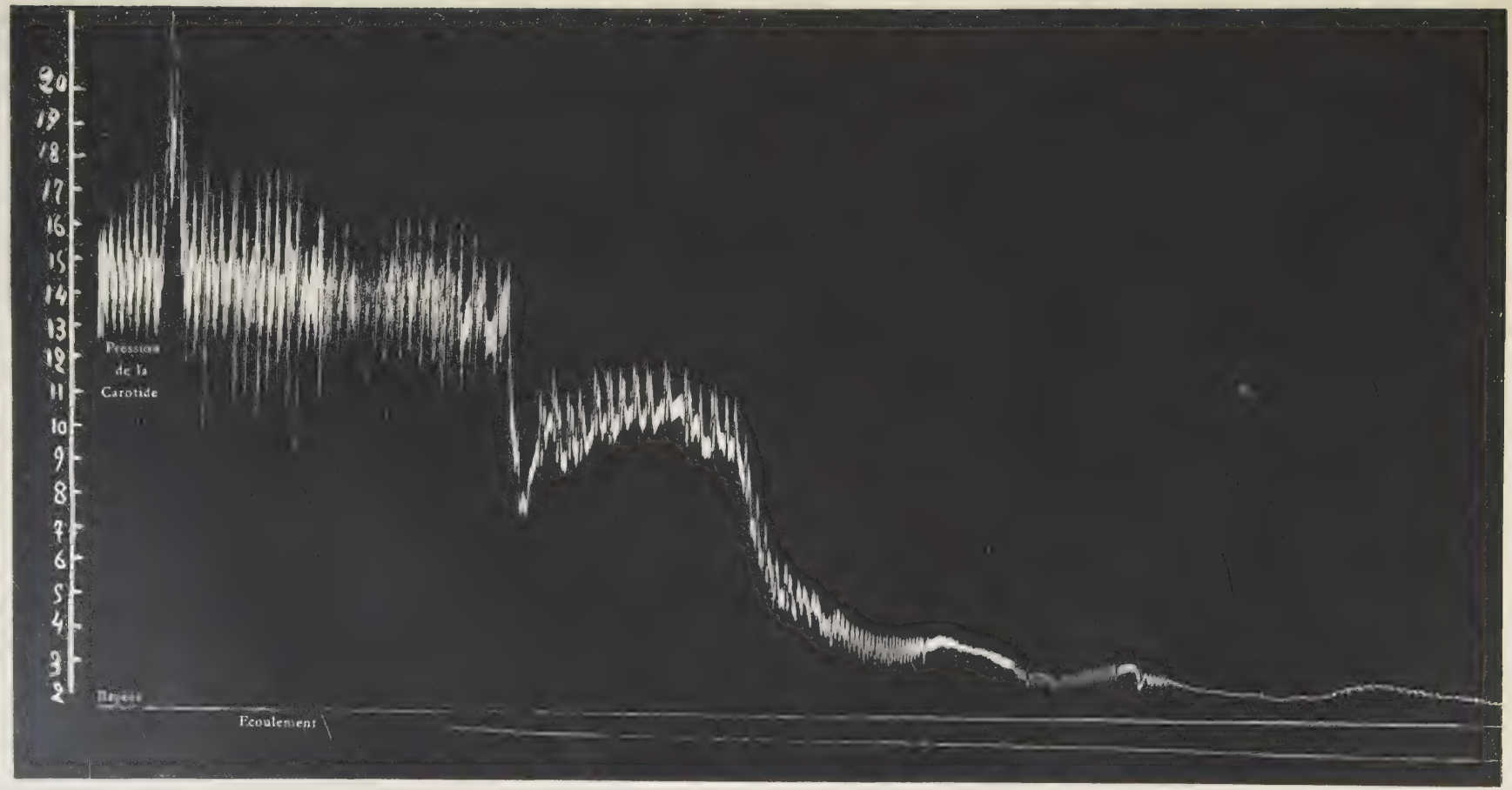
C. — IRRITATION MÉCANIQUE

Ayant ainsi à nouveau constaté que la tension intra-oculaire dépend étroitement de la pression artérielle, et que, de plus, la vitesse d'écoulement de l'humeur aqueuse par une canule introduite dans la chambre antérieure dépend étroitement de la tension intra-oculaire, qui varie suivant le niveau où l'on place l'orifice d'écoulement, nous nous sommes proposé pour but de chercher à apprécier l'intensité du trouble qu'apporte dans l'équilibre intra-oculaire l'opération de la ponction. Ici encore, le procédé déjà tant employé de la fluorescéine s'est montré particulièrement adapté au but que nous poursuivions, et nous a permis d'obtenir des résultats intéressants qui, à notre connaissance du moins, n'ont pas encore été signalés.

Dans une première série d'expériences, nous avons comparé à la suite de l'injection de fluorescéine dans le sang le moment de son apparition dans les deux yeux dont l'un était normal, tandis que l'autre était relié à un manomètre qui pouvait, à volonté être mis dans des conditions de tension variées.

Dans cette série d'expériences, nous ne nous sommes pas contentée de cette seule observation chronologique, mais nous l'avons contrôlée par diverses mesures effectuées avec le colorimètre de Duboscq.

Outre notre but principal qui était la comparaison de deux yeux, nous avons accessoirement recueilli certaines données sur le passage de la fluorescéine en d'autres régions, ce qui nous a permis de mettre en parallèle la perméabilité pour cette substance de l'œil et d'autres organes.


20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
Pression
de la
Carotide
Temps
Ecoulement

Expérience III

Chien adulte, 17 kg. ; chloralosé.

On introduit dans la chambre antérieure de l'œil droit immobilisé par un écarteur, une aiguille de Pravaz. Le tube qui la relie au manomètre chargé de liquide de Ringer se détache accidentellement pendant l'opération, de sorte que la chambre antérieure se vide. Aussi la bulle d'air, qui doit mesurer l'écoulement du liquide intra-oculaire, se déplace-t-elle rapidement après la ponction de l'œil. Mais au bout de quelque temps, l'équilibre s'établit, l'œil récupère sa tension et le déplacement de cette bulle d'air devient lent.

Avant la ponction de l'œil, la tension intra-oculaire prise par le tonomètre de Fick était 24^{mm} de Hg.

On injecte dans la veine fémorale droite une solution de fluorescéine, en quantité telle que l'animal reçoive 25 centigr. de fluorescéine par kg.

Après 8 minutes, on voit le passage de cette substance dans l'œil droit, caractérisé par l'apparition sur l'iris des lignes d'Ehrlich.

A ce moment, la peau ainsi que les muqueuses sont colorées. L'œil gauche est coloré un peu plus tard, et sa coloration est moins intense.

Une heure trente minutes après le début de l'expérience, on fait une prise de l'humeur aqueuse des deux yeux. On fait une deuxième prise une heure plus tard et en même temps, on recueille de l'urine et du sang artériel. Le sang, rendu incoagulable par une trace de Fl Na, est rapidement centrifugé.

On fait l'examen colorimétrique de ces divers liquides par comparaison avec des solutions de fluorescéine dans l'eau distillée.

Teneur en fluorescéine de l'humeur aqueuse, de l'urine et du sérum sanguin par rapport à la solution témoin

L'humeur aqueuse de l'œil droit (ponctionné)		L'humeur aqueuse de l'œil gauche (normal)		URINE	SANG
Première prise (0 cm³ 6) correspond à une solution de $\frac{1}{5000}$	Deuxième prise (0 cm³ 6) correspond à une solution de $\frac{1}{800}$	Première prise (0 cm³ 8) = à une solution de $\frac{1}{200.000}$	Deuxième prise (0 cm³ 4) = à une solution entre $\frac{1}{5000}$ et $\frac{1}{10000}$	La coloration de l'urine est moins de $\frac{1}{1000}$	Première prise correspond à une solution de $\frac{1}{1000}$ Deuxième prise coloration plus faible que la solution à $\frac{1}{1000}$

Dans cette expérience, l'injection de fluorescéine, pratiquée dans les vaisseaux au moment où la tension oculaire avait repris sa valeur primitive, a déterminé le passage de la matière colorante dans les deux yeux de façon très différente. *La fluorescéine a apparu beaucoup plus tardivement dans l'œil normal, non ponctionné, et la coloration de cet œil est restée beaucoup plus faible.* Nous nous en sommes assuré, non seulement par les mesures colorimétriques précédentes, mais aussi par une observation comparative constante des deux yeux.

Cette différence peut tenir à diverses raisons. Le seul fait de la ponction peut modifier les conditions de la formation de l'humeur aqueuse. On observe même parfois au début de la ponction, lorsqu'elle a été pratiquée avec précaution et sans retentissement apparent sur la tension intra-oculaire, un écoulement plus rapide dans les premières minutes, et les choses se passent comme si la piqûre excitait la sécrétion de l'humeur aqueuse.

Pour voir si notre hypothèse était exacte, nous avons pratiqué l'expérience suivante :

Expérience IV

Un lapin est fixé sur la gouttière. On pratique une ponction de la cornée de l'œil droit, qui détermine de l'hypotension oculaire.

Aussitôt après, on injecte par la veine marginale de l'oreille une solution de fluorescéine, de façon à ce que l'animal reçoive par kg. de son poids, comme d'habitude, 25 centigrammes de cette substance.

La fluorescéine apparaît très rapidement, au bout de trois minutes environ. Il n'y a pas de différence appréciable dans le moment de son apparition dans les deux yeux.

On voit que les choses se sont passées de toute autre façon que dans l'expérience antérieure. Il y a donc lieu de mettre en cause un autre phénomène que la lésion opératoire. Lorsqu'elle s'accompagne d'hypotension, il n'y a pas de différence dans les deux yeux. Il est possible, et c'est ce que nous avons demandé à nos nouvelles expériences, qu'il s'agisse d'une conséquence de l'hypertension.

Influence de l'hypertension intra-oculaire artificielle sur le passage dans la chambre antérieure de la fluorescéine injectée dans le sang.

Expérience V

Lapin adulte, vivant.

Tension intra-oculaire : 26 mm de Hg dans les deux yeux.

On met l'œil droit en relation avec le manomètre, dont le niveau est élevé à 60 centimètres au-dessus de l'œil.

Dans ces conditions, l'écoulement de l'humeur aqueuse par le manomètre se fait très lentement.

On injecte la solution de fluorescéine dans la veine fémorale gauche.

Trois minutes après, la coloration apparaît dans l'œil ponctionné et augmente rapidement. L'œil gauche normal ne se colore que plus tard, au bout d'un quart d'heure environ, et d'une façon peu intense. A ce moment, l'animal est sacrifié par hémorragie et l'humeur aqueuse des deux yeux recueillie.

Teneur en fluorescéine à la fin de l'expérience :

Liquide témoin injecté dans le sang	Humeur aqueuse de l'œil opéré	Humeur aqueuse de l'œil normal	Sérum sanguin
sert d'étalon colorimétrique coloration : $1 = a$	$\frac{1}{100}$ de a.	moins de $\frac{1}{1000}$ de a.	$\frac{1}{100}$ de a.

Une autre expérience exécutée dans les mêmes conditions nous a donné des résultats semblables.

Le tableau ci-dessous contient les résultats de l'examen colorimétrique :

Liquide témoin injecté dans le sang	Humeur aqueuse de l'œil opéré	Humeur aqueuse de l'œil normal	Sérum sanguin
1 a.	$\frac{1}{100}$ de a.	$\frac{1}{1000}$ de a.	Entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{1000}$ de a.

Les trois expériences précédentes donnent donc d'une manière concordante les résultats suivants :

Il y a discordance dans le moment d'apparition dans les deux yeux de la fluorescéine injectée dans le sang, lorsqu'un

des deux yeux se trouve, par une intervention expérimentale, dans un état d'hypertension.

Mais il faut remarquer que cette discordance ne tient pas, comme nous l'avons d'abord supposé, aux modifications de l'état physiologique de l'œil opéré, mais bien plutôt à un retard du côté de l'œil sain.

En effet, dans les nombreuses expériences que nous avons exécutées, en nous plaçant toujours dans les mêmes conditions quant à l'injection de fluorescéine, nous avons vu cette substance apparaître au bout de très peu de temps (3 et 4 minutes environ) et simultanément dans les deux yeux.

Les interprétations auxquelles nous avions tout d'abord songé, telles qu'une excitation de la sécrétion de l'humeur aqueuse, ou une rénovation rendue plus aisée en favorisant l'écoulement par distension mécanique des parois du canal de Schlemm, doivent être abandonnées.

D. — SYSTÈME NERVEUX

Nous avons donc été conduite à nous demander s'il ne s'agit pas d'un phénomène nerveux et, dans ce but, nous avons exécuté une nouvelle série d'expériences.

Influence de l'excitation du sympathique sur le passage de fluorescéine dans l'humeur aqueuse

Expérience VII

La tension intra-oculaire au début de l'expérience est de 28 mm de Hg.

On injecte la solution de fluorescéine par la veine auriculaire gauche, à 3 h. 38', à raison de 25 centigr. de matière colorante par kg. d'animal.

Dès le début de l'injection, on excite le bout central du sympathique cervical droit sectionné avec un courant juste suffisant pour produire la dilatation pupillaire. Cette excitation est continuée pendant 4 minutes. Dans ces conditions, tous les téguments sont colorés au bout de deux minutes, mais la fluorescéine n'apparaît pas dans les chambres des deux yeux.

A 3 h. 53' on réinjecte 2 cc.³ de fluorescéine, sans faire l'excitation; à ce moment, les pupilles ne sont pas dilatées, la pression intra-oculaire est de 26 mm de Hg, la coloration n'apparaît pas.

L'influence de l'excitation du sympathique paraît avoir persisté.

A 4 h. 12' l'animal est recousu et laissé au repos.

A 4 h. 15' la coloration verte apparaît dans l'œil droit qui est hypertendu (30 mm de Hg) ; la tension de l'œil gauche est comme au début de l'expérience et la coloration n'y apparaît pas.

Expérience VIII

Une injection de fluorescéine dans la veine auriculaire droite est accompagnée et suivie de l'excitation du sympathique gauche sectionné, de façon à maintenir la pupille de ce côté dilatée.

L'autre pupille reste petite pendant toute l'opération.

La durée totale de l'excitation est de 6 minutes, donc plus longue de 2 minutes que celle de l'expérience précédente.

La fluorescéine n'apparaît pas dans la chambre antérieure, ni à droite, ni à gauche. Il en est encore de même un quart d'heure après l'expérience. A ce moment, l'œil gauche (précédemment dilaté) a une pupille petite. L'œil droit, au contraire, a une pupille un peu plus dilatée que normalement.

On ne voit pas la coloration verdâtre.

On voit que l'excitation du sympathique a déterminé un retard dans l'apparition de la fluorescéine ; ce retard ne s'est pas limité au côté de l'excitation, mais il s'est étendu au côté non excité et l'effet d'une excitation relativement courte a retenti d'une manière très prolongée.

Les auteurs qui ont étudié l'effet des excitations du sympathique sur la formation de l'humeur aqueuse ont obtenu des résultats très contradictoires.

Certains d'entre eux trouvèrent une élévation passagère de de la tension oculaire, à la suite d'une excitation. Les autres signalèrent un retard dans le passage de la fluorescéine (Angelucci, Wessely) et certaines modifications dans la composition chronique de l'humeur aqueuse. Au contraire, Landolt n'attribue aucun rôle au mécanisme nerveux. De même, Scalinci, qui trouve que les modifications observées sont très peu appréciables.

Quoi qu'il en soit, nos expériences tendent à prouver qu'il n'est pas permis de considérer le passage de la fluorescéine comme dû à un phénomène banal de diffusion, puisque dans les conditions où nous avons observé des modifications du passage de matière colorante, aucune condition nouvelle n'était créée pour faire obstacle à la diffusion.

Il suffit, d'ailleurs, de se reporter aux tableaux de nos expériences, où nous avons comparé la coloration de diverses sécrétions, pour voir qu'elles se comportent à ce point de vue de manières fort différentes.

Nous n'avons pas cru nécessaire de faire la contre-épreuve de nos expériences en pratiquant la section du sympathique, puisque, sur ce point, il y a accord presque unanime des auteurs, qui ont trouvé une diminution de la tension oculaire accompagnée d'une accélération de passage des matières colorantes.

Rappelons encore une fois que l'hypotension obtenue par ponction de la chambre antérieure ne suffit pas à déterminer cette accélération.

2. Résorption dans la chambre antérieure

Nous avons vu que, dans l'état actuel de nos connaissances, il est à peu près impossible d'assigner avec quelque certitude un chiffre de grandeur de la circulation de l'humeur aqueuse à l'état physiologique.

Dans les expériences que nous avons faites à ce sujet nous avons tâché de nous rapprocher autant que possible de l'état normal, c'est-à-dire de remplacer l'humeur aqueuse par un liquide coloré isotonique en quantité telle que la tension ne fût pas modifiée. Nous avons toujours trouvé que, dans ces conditions, la résorption se fait avec une extrême lenteur. Nous citerons, à titre d'exemple, l'expérience suivante :

Passage de la fluorescéine, injectée dans la chambre antérieure de l'œil, vers la circulation générale

Expérience IX

Chien, 7 kg., chloralosé.

On prépare les canaux salivaires, le canal de Wirsung, les uretères et la grande veine lymphatique, en y introduisant des canules.

On provoque une abondante sécrétion salivaire par excitation du lingual et de la corde du tympan.

La sécrétion du suc pancréatique est activée par une injection intra-veineuse de sécrétine (10 cm^3).

L'œil gauche est fixé, immobilisé, on le ponctionne et on remplace son humeur aqueuse par un quart de centimètre cube d'une solution de fluorescéine isotonique à $\frac{1}{7}$.

On ne voit pas apparaître à l'œil nu la fluorescéine, ni dans les diverses sécrétions, ni dans l'œil droit (normal).

A la fin de l'expérience, au bout d'une heure et demie environ,

on trouve que la teneur du sang en fluorescéine est de $\frac{1}{70.000}$ et celle de l'humeur aqueuse ponctionnée de l'œil est de $\frac{1}{20}$.

On n'a pas fait l'examen colorimétrique pour les autres sécrétions de l'organisme étant donné que ces liquides ne paraissaient pas colorés. L'urine, arrêtée par un réflexe provoqué par l'introduction de la canule, ne s'écoula pas pendant l'expérience.

Il est permis de penser que le système nerveux agit pour modifier la résorption, de même que nous l'avons vu influencer la pénétration vers la chambre antérieure. Pour éliminer autant que possible son influence, nous avons cherché à apprécier la grandeur de la résorption chez un animal mort en établissant une circulation artificielle de liquide dans les vaisseaux. C'est une tentative de ce genre que représente l'expérience suivante.

Expérience X

Lapin adulte.

Sur l'animal sacrifié on établit à 2 h. 45' la circulation artificielle avec une solution de NaCl à 7 pour 1.000 à 16°. La vitesse de la circulation est lente (2 gouttes par seconde) sous une pression de 70^{cm3} d'eau.

A 2 h. 45'on injecte dans la chambre antérieure de l'œil droit une goutte de fluorescéine très concentrée. La chambre est ensuite mise en relation avec le petit manomètre rempli de solution de NaCl à 7 pour 1.000.

Au début de l'expérience, la pression intra-oculaire est de 25^{mm} de Hg ; par la suite, elle augmente peu.

On constate la formation d'un œdème au niveau de la conjonctive.

Vers 4 heures, le liquide de la circulation générale commence à présenter un léger reflet verdâtre ; on en fait un prélèvement en vue de l'examen colorimétrique. A ce moment, on retire également le liquide de la chambre antérieure de l'œil opéré et de l'œil normal.

Teneur en fluorescéine de l'humeur aqueuse et du liquide de la circulation générale à la fin de l'expérience.

Liquide témoin solution injectée dans l'œil	Liquide de la circulation du sang	Humeur aqueuse de l'œil opéré	Humeur aqueuse de l'œil normal
1 [illegible] a	$\frac{1}{200}$ de a	Entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{100}$ de a	moins de $\frac{1}{1000}$ de a

On voit qu'ici aussi il n'y a eu, au début, qu'un passage très faible de matière colorante dans le liquide de la circulation artificielle.

La pénétration ne se fait sentir qu'au moment où l'apparition d'un œdème conjonctival montrait l'existence de conditions nouvelles, distinctes de l'état d'équilibre physiologique.

3. — Échanges liquides oculaires et tension osmotique

On a vu qu'un certain nombre d'auteurs ont cherché à mettre en évidence l'intervention des phénomènes osmotiques dans la régulation de la tension oculaire. Certains ont essayé de modifier la concentration du sang, soit par les injections salines, soit par la ligature des uretères et par la néphrectomie. Ces méthodes amènent dans l'organisme des modifications profondes, et il est toujours délicat de décider si l'on est en droit de rapporter aux seules modifications de la tension osmotique les phénomènes observés.

La méthode de circulation artificielle nous a paru réaliser des conditions plus simples.

Nous l'avons utilisée de deux manières différentes, soit en réalisant dans le système artériel des circulations liquides diversement concentrées et en cherchant dans chaque cas, la pression restant constante pendant l'écoulement, la grandeur de cet écoulement ; soit, au contraire, en injectant dans la chambre antérieure des solutions diverses et en examinant la vitesse de pénétration.

Vitesse de pénétration des solutions de NaCl de diverses concentrations de la chambre antérieuee de l'œil vers la circulation générale.

Expérience XI

Chien mort.

Après avoir ligaturé tous les vaisseaux du cou, à l'exception d'une carotide et d'une veine jugulaire, on réalise dans la tête une circulation artificielle avec une solution physiologique de NaCl Une aiguille de Pravaz est introduite dans la chambre antérieure de l'œil droit. Elle est reliée au tube recourbé qu'on remplit successivement avec des solutions de NaCl de diverses concentrations, dont on mesure la vitesse de l'élimination par l'œil.

Le niveau de la partie horizontale du manomètre a été maintenu à une même hauteur au-dessus de l'œil pendant toute la durée de l'expérience.

Un compte-goutte est intercalé sur le trajet du petit manomètre; il permet d'évaluer en nombre de gouttes, la quantité de liquide absorbé par l'œil.

Les résultats observés sont les suivants :

Concentration de la solution	Vitesse de pénétration du liquide dans l'œil
$\frac{4,2}{1000}$	9 gouttes sont absorbées dans 30 minutes
$\frac{8,4}{1000}$	18 gouttes dans 30 minutes
$\frac{10,5}{1000}$	21 gouttes dans 30 minutes
$\frac{16}{1000}$	24 gouttes dans 30 minutes

Expérience XII

Chien mort.

La mort est provoquée par faradisation du cœur.

Le but de l'expérience et le dispositif sont les mêmes que dans l'expérience précédente.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Concentration de la solution introduite dans l'œil	Vitesse de pénétration du liquide dans l'œil évaluée en nombre de gouttes
$\frac{7,2}{1000}$	7 gouttes dans 15 minutes
$\frac{8,1}{1000}$	11 gouttes dans 15 minutes
$\frac{10,5}{1000}$	17 gouttes dans 15 minutes
$\frac{16}{1000}$	19 gouttes dans 15 minutes

Le niveau du liquide dans le petit manomètre était maintenu à 35 cm. au-dessus de l'œil.

Dans l'expérience précédente nous avons fait varier les concentrations du liquide de la chambre antérieure; dans celle-ci, au contraire, la variation porte sur le liquide de la circulation artificielle.

Expérience XIII

Chien adulte.

On établit par la carotide gauche, après ligature en masse des autres vaisseaux du cou, une circulation artificielle de la tête. Le liquide refluant s'écoule par la veine jugulaire externe. Pour le liquide de circulation, on se sert de solutions de Na Cl de concentrations diverses, tout en gardant toujours la même pression de 9 cm. de Hg.

On introduit une aiguille de Pravaz dans la chambre antérieure de l'œil. Elle communique avec le petit tube manométrique. On mesure l'écoulement du liquide intra-oculaire par le déplacement de la bulle d'air.

Les résultats trouvés sont :

Concentration de la solution circulante	Quantité du liquide écoulé dans une minute
$\frac{4,2}{1000}$ de Na Cl	Le liquide ne s'écoule pas, il y a plutôt une rentrée
$\frac{8,4}{1000}$	4 millim. cubes 1
$\frac{10,5}{1000}$	6 millim. cubes
$\frac{16}{1000}$	7 millim. cubes, 9

On voit que, dans ces expériences, le passage le plus facile se produit pour la solution hypertonique, quel que soit le sens de ce passage, c'est-à-dire aussi bien des vaisseaux vers l'œil que de l'œil vers les vaisseaux. Il est vrai que, dans ce dernier cas, la déplétion du système artériel constitue une condition anormale que nous avions l'intention d'éliminer en pratiquant parallèlement une injection dans la chambre antérieure et une circulation artificielle.

Si les choses se passaient toujours comme dans ces expériences, il faudrait en conclure que les explications purement physiques actuellement possibles sont insuffisantes pour expliquer les échanges liquides

Le phénomène se présente parfois d'une manière différente ; tel est le cas de l'expérience suivante, où nous avons injecté

chez l'animal vivant, comparativement dans les deux yeux, des quantités égales de fluorescéine dissoute dans des solutions salines diversement concentrées.

Expérience XIV

Lapin adulte.

Après avoir fixé l'animal et écarté les paupières, on ponctionne les deux yeux et on aspire l'humeur aqueuse.

A droite, on remplace l'humeur aqueuse par une solution de fluorescéine dans l'eau pure (solution hypotonique).

A gauche, nous avons injecté dans la chambre antérieure vidée une solution de NaCl à 12 pour 1000, contenant la même quantité de fluorescéine que la solution introduite dans l'œil droit (solution hypertonique).

Au bout de trente minutes, on recueille le liquide des deux yeux et on obtient les résultats colorimétriques suivants :

Liquide témoin injecté dans l'œil droit	Liquide témoin injecté dans l'œil gauche	Liquide retiré de l'œil droit au bout de 30 minutes	Liquide retiré de l'œil gauche
$1 = a$	$b - a$	$\frac{1}{200}$ de a	$\frac{1}{40}$ de b

Ici c'est la solution hypotonique qui a diffusé le plus aisément.

CONCLUSIONS

1° Les doutes émis sur l'existence d'une circulation continue normale de l'humeur aqueuse ne sont pas justifiés. Les milieux liquides oculaires sont soumis à une continuelle rénovation et peuvent subir l'influence des modifications diverses du milieu sanguin et, en particulier, de ses modifications pathologiques.

2° La rénovation de l'humeur aqueuse peut être appréciée par la vitesse d'écoulement de ce liquide par une canule introduite dans la chambre antérieure de l'œil.

3° Cette vitesse diminue à mesure que la tension oculaire augmente par l'élévation de l'orifice d'écoulement.

4° Elle est soumise à l'influence des variations de la tension artérielle, telles qu'on peut les produire par l'excitation du pneumogastrique ou l'hémorragie.

5° L'apparition d'une matière colorante (fluorescéine) injectée dans le torrent circulatoire se fait avec une rapidité normale dans l'œil dont on mesure la pression à l'aide d'un manomètre relié à la chambre antérieure. Au contraire, cette apparition est retardée dans l'œil intact chez l'animal ainsi opéré. Il s'agit vraisemblablement d'une influence nerveuse. L'excitation du nerf sympathique agit d'une manière analogue.

6° La circulation de l'humeur aqueuse se fait avec une grande lenteur. La fluorescéine introduite dans la circulation générale apparaît plus tardivement dans l'humeur aqueuse

que dans divers autres liquides organiques, et sa quantité y est plus faible.

7° Le départ du liquide de la chambre antérieure est, de même, très lent.

8° Les résultats complexes de nos expériences sur le rôle de la concentration doivent, sans doute, être interprétés par une action du sel sur les cellules épithéliales du corps ciliaire.

Vu :

Nancy, le 4 Avril 1911.

Le Président de la Thèse.

ROHMER.

Vu :

Nancy, le 5 Avril 1911.

Le Doyen,

GROSS.

Vu et permis d'imprimer :

Nancy, le 6 Avril 1911.

Le Recteur de l'Académie,

Ch. ADAM.

Correspondant de l'Institut.

BIBLIOGRAPHIE

Afin de ne pas allonger outre mesure cet index bibliographique, nous renvoyons pour la littérature antérieure à 1903 aux travaux très complets de :

Wessely. — Der Flüssigkeits- und Stoffwechsel des Auges mit besonderer Berücksichtigung seiner Bezichungen zu allgemein-physiologischen und biologischen Fragen Ergebnisse der Physiologie, t. IV. 1905, 565-683.

Leber (Th.). — Der Circulations- und Ernaerungsverhaeltnisse des Auges in Graefe-Saemisch Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Leipzig, 1903.

1904

Cantonnet. — Essai de traitement du glaucome par les substances osmotiques. Arch. d'ophtal., t. **24**, 1.

Cantonnet. — Variations du volume de l'œil sain ou glaucomateux sous l'influence des modifications de la concentration moléculaire du sang. Arch. d'ophtal., t. **24**, 193.

Demaret. — De la pression osmotique des liquides intra-oculaires dans le glaucome. Arch. d'ophtal., novembre.

De Lapersonne. — Glaucome et cataracte. Arch. d'ophtal., juin.

Joseph (H.). — Recherches cliniques sur le glaucome productif dans ses rapports avec l'artério-sclérose. Thèse de médecine. Paris, 1904.

Hoeg. — Ueber optico-ciliare Venen. Arch. f. Ophthal., Bd. **55**, 254-264.

Lœper et Cantonnet. — Variations de volume de l'œil sous l'influence des modifications de l'équilibre moléculaire du sang. C. R. de la Soc. de Biologie, 30 avril.

Nussbaum. — Entwickelungsgeschichte des menschlichen Auges. Graefe-Saemisch Handbuch der ges. Augenheilkund.

Poirier et Charpy. — Traité d'anatomie humaine, t. **5**.

Rochon-Duvignaud et Onfray. — Expériences préparatoires à la recherche des variations de la concentration des liquides intra-oculaires et de leur influence sur la tension de l'œil. Soc. d'ophtal. de Paris, 5 juillet.

1905

Angelucci. — Physiologie générale de l'œil, fonctions nutritives. Encycl. franç. d'ophtal., t. **2**, 259.

Cantonnet. — Contributions à l'étude des échanges osmotiques entre les humeurs intra-oculaires et le plasma sanguin. Thèse de médecine, Paris.

Grignolo. — De la sécrétion de l'humeur aqueuse par rapport à l'augmentation de la pression endo-artérielle générale. Arch. Ital. de Biologie, t. **43**, 452-461.

Kœrber. — Iriszeichnung und Irisgefaesse. Zeitschr. f. Augenheilk., Bd. **15**, 110-115.

Leber (Th.). — Encore quelques mots à propos de la mensuration de la filtration de l'œil. Ann. d'ocul.

Leber (Th.). — Sur la filtration de l'œil et sur son rôle dans la pathogénie du glaucome. Ann. d'ocul., juin.

Leber (Th.). — Zur Pathogenese der Katarakt. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.

Pflüger (E.). — Zur Lehre von der Bildung des Kammerwassers und seinen quantitativen Verhältnissen. Arch. f. Ophtal., Bd. **64**, 445-480.

Uribe y Troncoso. — Recherches expérimentales sur la filtration des liquides salins et albumineux à travers la chambre antérieure, et son rôle dans la genèse du glaucome. Ann. d'ocul., janvier.

Weiss (O.). — Die Ernaehrung und Zirkulation des Auges. Nagel, Handbuch d. Physiol. d. Menschen.

1906

Bab (H.). — Spirochaetenbefunde im menschlichen Auge. Ein Beitrag zur Genese der Augenkrankungen bei hereditaerer Lues. Deutsche medicinische Wochenschr. Bd. **32**, 1945.

Botazzi et Sturchi. — Sur l'origine de la pression oculaire. Arch. Ital. de Biologie, t. **45**, 190-206.

Capolongo (C.). — Sulla penetrazione per diffusione dell' adrenalina nella camera anteriore e sul passagio della fluorescina. Biophys. Centralbl. **2**, 119.

Cavazzani. — Viscosité de l'humeur aqueuse de l'œil. Arch. Ital. de Biologie, t. **46**, 236.

Cavazzani. — Contribution à l'étude de la viscosité des humeurs. Arch. Ital. de Biologie, t. **46**, 241.

Cavazzani. — Sur l'existence d'une mucine dans l'humeur aqueuse. Arch. Ital. de Biologie, t. **46**, 238.

Henderson (E. E.) et Starling (E, E). — The factors which determine the production of intraocular fluid. Proceed. Roy. Soc. Ser. B. **77**, 294.

Kahn (R.). — Ueber die Beeinflussung des Augendruckes durch. Extracte chromaffinen Gewebes (Adrenalin). Centralbl. f. d. Physiologie. Bd. **20**, 33.

Leber (Th.). — Nouvelles recherches sur la pression et la filtration de l'œil. Ann. d'ocul., vol. **135**, 270-191.

Leber (Th.) et Pilzecher (A.). — Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel des Auges, Arch. f. Opht. Bd. **64**, 1-127.

Landolt (M.). — Le ganglion ciliaire joue-t-il un rôle dans la production de l'humeur aqueuse. Arch. d'ophtal., t. **26**, 157.

Lodato. — Recherches sur le pouvoir oxydant des tissus et des humeurs de l'œil et sur les modifications du pouvoir oxydant de la rétine par action de la lumière et de l'obscurité. Arch. ital. de Biologie, t. **45**, 220-222.

Rœmer. — Die Pathogenese der Cataracte Senilis. Arch. f. Augenheilk., Bd. **56**, 150-320.

Rœmer. — Stoffwechsel der Linse und Giftwirkungen auf dieselbe. Deutsche opht. Gesell. Heidelberg, 39-48.

Scalinci (N.). — De la nature et du mécanisme du liquide endo-oculaire. Arch. d'Opht., t. **27**, 391-396).

Türk (S.). — Untersuchungen über eine Strœmung in der vorderen Augenkammer. Arch. f. Opht., Bd. **64**. 481.

Weiss (O.). — Die Lehre von der intra-ocularen Flüssigkeitsstrœmung ist nicht begründet. Arch. f. d. Ges. Physiologie des Menschen u. d. Thiere. Bd. **115**, 602-611.

Wessely (K.). — Ueber ein neues Verfahren der graphischen Registrierung des Augendruckes. Deutsch. ophthalm. Gesell. Heidelberg, s. 361.

1907

Abelsdorff (I.) und Wessely (K.). — Demonstration zur vergleichenden Physiologie des intra-ocularen Flüssigkeitswechsel. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Iahrg. **45**, neue Folge 3, 116.

Angelucci. — Les effets des médicaments les plus usuels en thérapeutique oculaire sur la composition chimique de l'humeur aqueuse. Arch. di ottalm. **13**, 309-315.

Foa (C.) et Viterbi (A.). — Sur la cataracte diabétique et expérimentale. Arch. Ital. de Biologie, t. **48**, 14.

Kuschel (I.). — Die Architektur des Auges in ihren hydrostatischen Beziehungen zum intra-okularen stromgefälle. Zeitschr. f. Augenheilk., **17**, 114-131, 259-284.

Hesse. — Beitrag zur Aetiologie der Drucksteigerung. Zeitschr. f. Augenheilk., **17**, 424-428.

de Lietro-Vollaro. — Der Humor aqueus bei experimenteller durch Ligatur der Nierenarterie erzeugte Albuminurie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Jahrg. **45**, Neue Folge 3, 412

Morax (V.). — Manifestations oculaires au cours des trypanosomiases. Ann. de l'Institut Pasteur. Vol. **21**, 47.

zur Nedden (M.). — Experimentelle Untersuchungen über das Vorkommen bakteriziden Substanzen im Auge nicht immunisierter Individuen. Arch. f. Ophthalm. **65**, 267-301.

Scalinci (N.). — Untersuchungen über die Physikalische-Chemischen Eigenschaften des Humor aqueus. Arch. f. Augenheilk. **57**, 214-255,

Scalinci (N.). — De la nature et du mécanisme de production du liquide endo-oculaire. Arch. d'ophtal. **27**, 391-396.

Schultze (E.). — Ueber den Einfluss der Bier-schen Halsstauung auf den intra-okularen Druck. Zeitschrift f. Augenheilk. **17**, 222-233.

Terson (A.). — De l'état de l'angle irido-cornéen dans les luxations du cristallin accompagnées d'hypertonie. Annal. d'ocul. **137**, 317-321.

Trantas. — Ophtalmologie de la région ciliaire et rétro-ciliaire. Arch. d'ophtalm. **27**, 651.

Ulrich (H.). — Zur Lehre von der intra-okularen Flussigseitsströmung, Partielles kongenitales Kolobom der Iris, verschlossen durch eine bewegliche Membran. Ber. d. Deutsch. ophtalm. Ges. Heidelberg. 105-116.

Uribe y Troncoso. — Praktische Demonstration der Filtration der Augenflüssigkeiten durch den Schlemm'schen Kanal mit dem Leber'schen Manometer. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Jahrg. **45**, Neue Folge **3**, 125-126.

Uribe y Troncoso. — La filtration de l'œil et la pathogénie du glaucome. Ann. d'ocul. **137**, 132.

Weiss (O.). — Ein neues Filtrations manometer. Schriften d. phys. ökon Ges. Konigsberg **48**, 112.

Wessely (K.). — Demonstration zur vergleichenden Physiologie des intra-okularen Flässigkeitswechsel, Ber d. deutsch. ophthalm. Ges. Heidelberg 257-260.

Wessely (K.). — Demonstration eines Apparates zur graphischen Registrierung des Augendruckes, sowie Demonstration von Augendruckkurven. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Jahrg. **45**. Neue Folge **3**, 228.

1908

Abadie (Ch.) — De la prétendue filtration des liquides intra-oculaires et de l'irido-sclérotomie. Arch. d'ophtalm. **28**, 545-548.

Fischer (M. H.) — Ueber Augenquellung und das Wesen des Glaukoms, Arch. f. d. ges. Physiol. **125**, 394-400.

Henderson. — Demonstration ueber die Venenverbindungen des Schlemm'schen Kanals. Klin Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **5**, 659-660.

Hertel (E.) — Untersuchungen ueber die elektrische Leitfähigkeit des Auges. Arch. f. Ophthalm. **69**, 126-144.

Kuschel (J.) — System der Störungen im hydrostatischen Regulierungs Apparate. Zeitschr. f. Augenheilk. **19**, 97-100.

Krauss (W.) — Ueber orbitale Plethysmographie. Ber. d. Deutsch. Ophthalm. Ges. Heidelberg. 167-173.

Isakowitz. — Untersuchungen mit dem Schlötz'schen Tonometer. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **6**, 641-642.

Levinsohn (G.) — Zur Entstehung des Glaukoms. Berliner. Klin. Wochenschr. **45**. Iahr. II, 1891-1893.

Pardo. — Ueber die Filtration der Augenflüssigkeiten. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **5**, 195.

Rissling (P.) — Die physiologischen Schwankungen des osmotischen Druckes im normalen Tierserum mit besonderer Berucksichtigung der osmotischen Druckverhaeltnisse der intraokularen Flussigkeiten. Arch. f. Augenheilk. **59**, 239-269.

Scalinci. — Recherches sur les propriétés physicochimiques de l'humeur aqueuse. Arch. Ital. de Biologie. **50**, 123-127.

Schneider. — Ueber die Präexistenz des Alexins im Zirkulierenden Blut. Arch. f. Hygiene, 305.

Terson (A.) — Analyse et synthèse pathogéniques du glaucome. Paris, Steinheil, 1908.

Ulrich (H.) — Klinische Beobachtungen über die Druckverhaeltnisse in der vorderen und hinteren Augenkammer. Arch. f. Augenheilk. **60**, 283-311.

Wessely. — Ueber den Einfluss der Karotisunterbindung auf die Blutversorgung des Auges. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **6**, 468-469.

Wessely. — Präparate, betreffend den Flüssigkeitswechsel des Glaskörpers und das Verhalten der Augenflüssigkeiten bei Hämoglobinämie. Sitzungsber. Physikal-med. Ges. Würzburg. 97-100.

Wessely. — Experimentelle Untersuchungen über den Augendruck, sowie über qualitative und quantitative Beeinflussung des intraokularen Flüssigkeitswechsels. Arch. f. Augenheilk. **60**, 1-48. 97-60.

1909

Angelucci. — Ueber den Einfluss der Ureterenligatur auf den Uebergang des Fluoreszeins in das Kammerwassers. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. **7**, 463.

Callius. — Seh-apparat. Ergebnisse d. Anatomie u. Entwickelungsgeschichte, herausgegeben von Fr. Merkel und R. Bonnet.

Friedmann (U.) — Zur Frage der Diffusibilität des Fluorerzeins. Centralbl. f. Physiol. **23**, 539.

Hamburger. — Die Saftströmung des Auges. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. **8**, 773.

Henderson. (E. E.) and Lane Claypon (J. E.) — Study of the ciliary epithelium after puncture of the anterior chamber. Collected papers from. physiol. labor. London Hosp. **15**, 23.

Mastrobuono (I.) — Sur la viscosité de l'humeur aqueuse. Recherches de physiologie et de pathologie expérimentale. Arch. Ital. de Biologie. **51**, 48-64.

Mijaschita (S.) — Ueber den Haemolysingehalt des Kaninchenkammerwassers vor und nach Reizungen des Auges. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. **7**, 62-72.

Mijaschita. — Immunitätsverhältnisse in der vorderen Augenkammer. Klin Monatsbl. f. Augenheilk. **8**, 329.

Possek. — Zur Aetiologie der Linsentrübungen. Klin Monatsbl. f. Augenheilk. **8**, 329.

Terson (M. A.) — Die vorübergehenden traumatischen Trübungen der Linse und ihre gutachtliche Bedeutung. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. **7**, 550.

Salus (R.) — Ueber die Roemer'sche Theorie der Entstehung der senilen Katarakt durch Zytotoxine und über die Lentokalintherapie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. **8**, 451-452.

Sattler (C. H.). — Untersuchungen über die Wirkung von Blutserum nach Einspritzung ins Auge. Arch. f. Augenheilkund, **64**, 390-404.

Stock (W.). — Bemerkung zum Verhalten des Kammerwassers bei Zirkulärem Pupillarabschluss, Klin. Monatsbl. f. Augenheilkund, **8**, 602-604.

Ulrich (H.). — Bemerkungen zu der Arbeit von Dr G. Winselmann. Klin-Monatsbl. f. Augenheilkund, **8**, 600-602.

Uribe y Troncoso. — Die neueren Theorien über die Pathogenese der Katarakt. Klin Monatsbl. f. Augenheilk., **8**, 349.

Uribe y Troncoso. — La filtration dans l'œil vivant et la nature véritable du canal de Schlemm. Annal d'oculist. **142**, 237-265.

Wessely (K.). — Ueber den Flüssigkeitswechsel des Glaskörpers und das Verhalten der Augenflüssigkeiten bei Hämoglobinämie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., **7**, 461.

Winselmann (G). — Ein Klinischer Beitrag zur Frage der ständigen freien Kommunikation zwischen vorderen und hinterer Augen Kammer. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., **8**, 203-208.

1910

Mawas (J.). — Recherches sur l'anatomie et la physiologie de la région ciliaire de la rétine. Thèse de Doctorat en Médecine, Lyon.

Mawas (J.). — Note sur la sécrétion de l'humeur aqueuse normale et sur l'humeur aqueuse produite après ponction de la chambre antérieure. C. R. Soc. de Biol., 9 décembre.

Mawas (J.). — Action de la pilocarpine sur la sécrétion de l'humeur aqueuse. C. R. Soc. de Biol., 16 décembre.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	7
CHAPITRE I. — Description anatomique de la vascularisation de la région ciliaire de l'œil	11
CHAPITRE II. — Les échanges liquides dans l'œil à l'état physiologique	18
1° Propriétés chimiques et physiques des liquides intra-oculaires	19
a) Composition normale	19
b) Modifications diverses. Passage de substances étrangères	22
2° Lieux de formation des liquides intra-oculaires	26
3° Lieux d'élimination des liquides intra-oculaires	32
4° Vitesse des échanges liquides dans les chambres antérieure et postérieure de l'œil	36
5° La tension intra-oculaire à l'état normal. Sa mesure	39
6° Influences agissant sur la production et la tension des liquides intra-oculaires	41
A) Système nerveux	41
B) Pression sanguine	43
C) Substances mydriatiques et myotiques	45
D) Concentration moléculaire du sang	46
CHAPITRE III. — Recherches personnelles	50
1° Influences diverses agissant sur l'écoulement de l'humeur aqueuse	53
a) Tension intra-oculaire	53
b) Pression intra-oculaire	54
c) Irritations mécaniques	56
d) Système nerveux	61
2° Résorption dans la chambre antérieure	64
3° Echanges liquides oculaires et tension osmotique	66
CONCLUSIONS	71
BIBLIOGRAPHIE	73